



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES Y DEL AMBIENTE

TRABAJO DE DIPLOMA

Evaluación de una mezcla de cepas de *Rhizobium leguminosarum* bv *phaseoli* en la producción de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) a nivel de productores en el municipio de Estelí durante la época de primera de 1999

Autor: Br. Arvy Absalón Chavarría Henríquez

Asesor: Lic. MSc. Gustavo Valverde Reyes

Managua, Noviembre 2000

DEDICATORIA

A Dios, nuestro señor todo poderoso, por haber iluminado mi camino con sabiduría en este andar de la vida.

A mi querida **Madre, Filomena Henríquez García**, quien con mucho esfuerzo, cariño y dedicación ha hecho posible la culminación de tan importante etapa de mi vida como es mi formación profesional.

A mi padre, Absalón Chavarría Olivas.

A mi hermano César Augusto Chavarría Henríquez

A mi querida abuelita **María Olivas García**

A toda mi **familia** que me brindó su apoyo a lo largo de mi formación profesional.

AGRADECIMIENTO

A la **Universidad Nacional Agraria** por haberme albergado en sus aulas durante estos cinco años de preparación.

Al programa **PL-480** por el apoyo financiero para la realización de la presente evaluación tecnológica.

A todos los **profesores** que brindaron sus conocimientos para mi formación profesional.

Al **Lic. Msc. Gustavo Valverde Reyes** por la asesoría y orientación brindada durante la realización de este trabajo.

Al **Ing. Bismark Mendoza** por su valiosa colaboración en la revisión y sugerencias brindadas para la culminación del presente trabajo.

A mi buen amigo y compañero de clase **Ing. Michael David Díaz Suárez**, por sus sugerencias y apoyo brindado, a todos mis compañeros de clases.

A **Yeta Ramírez** (mi mamá adoptiva) por el apoyo brindado durante todos estos cinco años de mi estadía en Managua.

A todos los productores que son el eje de la economía del país y que participaron en la realización de esta evaluación.

Al personal del **CENIDA**, especialmente a **Katy y Gabriel** por su atención brindada en el proceso de consultas bibliográficas.

INDICE GENERAL

Contenido	Pag. No
Dedicatoria	i
Agradecimiento.....	ii
Indice general.....	iii
Indice de tablas.....	vi
Indice de figuras.....	viii
Indice de anexos.....	x
Resumen.....	xii
Summary.....	xiii
 I.- INTRODUCCION.....	 1
 II.- REVISION DE LITERATURA.....	 4
2.1.- Leguminosas.....	4
2.1.1.- Tipos de leguminosas.....	4
2.1.2.- Inadaptación de leguminosas a condiciones extremas.....	5
2.1.3.- Leguminosas fijadoras de nitrógeno.....	5
2.2.- Tipos de bacterias.....	6
2.2.1.- El Rhizobium.....	6
2.2.2.- Bacterias fijadoras de nitrógeno.....	6
2.2.3.- Simbiosis leguminosa- bacteria.....	7
2.2.4.- Nodulación.....	8
2.2.5.- Nodulación eficiente.....	9
2.3. - Factores que inciden en la simbiosis.....	10
2.3.1.- Factores nutricionales del suelo.....	10
2.3.2.- Factores climáticos.....	12

2.3.3.- Habito de crecimiento.....	12
2.3.4.- pH del suelo.....	12
2.3.5.- Materia orgánica del suelo.....	13
2.4.- Componentes del rendimiento.....	13
2.4.1.- Densidad poblacional.....	13
2.4.2.- Número de vainas por plantas.....	14
2.4.3.- Número de granos por vainas.....	14
III.- MATERIALES Y METODOS.....	15
3.1.Descripción del ensayo	15
3.1.1. Ubicación y clima	15
3.1.2. Descripción del suelo.....	16
3.2. Material biológico utilizado.....	16
3.3. Descripción de las alternativas tecnológicas.....	17
3.4. Variables evaluadas.....	17
3.5. Análisis de datos.....	18
3.5.1. Análisis de estabilidad modificado	18
3.5.2. Distribución de intervalos de confianza.....	19
3.5.3. Análisis económico.....	20
3.5.4. Percepción de los productores.....	21
3.6. Manejo agronómico.....	21

IV -RESULTADOS Y DISCUSION.....	22
4.1. Evaluación de la nodulación (número de nódulos y peso de nódulos).....	22
4.2. Componentes del rendimiento.....	24
4.2.1. Densidad poblacional.....	25
4.2.2. Número de vainas por plantas.....	26
4.2.3. Número de granos por vainas.....	27
4.3. Evaluación del rendimiento agronómico del cultivo.....	28
4.3.1. Análisis de Estabilidad modificado.....	30
4.3.2. Análisis de distribución de intervalos de confianza.....	31
4.4. Evaluación económica del cultivo.....	33
4.5. Percepción de los productores.....	41
V. CONCLUSIONES.....	42
VI. RECOMENDACIONES.....	43
VII. BIBLOGRAFIA.....	44
VIII. ANEXOS.....	49

INDICE DE TABLAS

Tabla	Página
1 Clasificación actual de los Rhizobios.....	6
2 Organismos fijadores simbióticos.....	7
3 Características químicas y físicas de las diferentes parcelas en que fueron establecidos los cultivos de frijol común a evaluar en el municipio de Estelí en la época de primera de 1999.....	16
4 Variedades de frijol rojo utilizadas en las parcelas de evaluación de una mezcla de cepas de <i>Rhizobium leguminosarum</i> bv <i>phaseoli</i> en el municipio de Estelí en la época de primera de 1999.....	21
5 Grado de significancia de las variables densidad poblacional, número de nódulos por plantas, peso de nódulos por plantas, número de vainas por plantas y número de granos por vainas, en las parcelas de evaluación en el municipio de Estelí durante la época de primera de 1999.....	28
6 Rendimiento del cultivo de frijol rojo en las parcelas con y sin inoculantes en las parcelas de evaluación en el municipio de Estelí época de primera 1999.....	29
7 Análisis económico de las parcelas con inoculante y sin inoculante, en la finca del productor Bismar Olivas, en la época de primera de 1999, municipio de Estelí.....	33

8 Análisis económico de las parcelas con inoculante y sin inoculante, en la finca del productor Leonardo C. Elizabeth, en la época de primera de 1999, municipio de Esteli.....	34
9 Análisis económico de las parcelas con inoculante y sin inoculante, en la finca del productor Luis Francisco Huete, en la época de primera de 1999, municipio de Esteli.....	35
10 Análisis económico de las parcelas con inoculante y sin inoculante, en la finca del productor Cristóbal Obregón, en la época de primera de 1999, municipio de Esteli.....	36
11 Análisis económico de las parcelas con inoculante y sin inoculante, en la finca del productor Orlando Pérez, en la época de primera de 1999, municipio de Esteli.....	37
12 Análisis económico de las parcelas con inoculante y sin inoculante, en la finca del productor Salvador Cruz, en la época de primera de 1999, municipio de Esteli.....	38
13 Análisis económico de las parcelas con inoculante y sin inoculante, en la finca del productor Rubén Blandón, en la época de primera de 1999, municipio de Esteli.....	39
14 Análisis económico de las parcelas con inoculante y sin inoculante, en la finca del productor Rigoberto Molina, en la época de primera de 1999, municipio de Esteli.....	40

INDICE DE FIGURAS

Figuras	página
1 Precipitación ocurrida durante la época de primera de 1999, en el municipio de Estelí.(INETER, 1999)	15
2 Número de Nódulos por plantas en las parcelas de evaluación en el municipio de Estelí en la época de primera de 1999.	23
3 Peso de nódulos por plantas en las parcelas con inoculantes y sin inoculante en las parcelas de evaluación en el municipio de Estelí en la época de primera de 1999.....	24
4 Densidad poblacional en las parcelas con inoculantes y sin inoculantes en las parcelas de evaluación en el municipio de Estelí en la época de primera de 1999.....	25
5 Numero de vainas por plantas en las parcelas con inoculante y sin inoculante en las parcelas de evaluación en el municipio de Estelí en la época de primera de 1999.....	26
6 Número de granos por vainas en las parcelas con inocualnte y sin inoculante en las parcelas de evaluación en el municipio de Estelí en la época de primera de 1999.....	27
7 Repuesta lineal para el frijol con inoculante y sin inoculante, en las parcelas de evaluación en el municipio de Estelí en la época de primera de 1999.....	30

8 Intervalos de confianza en las parcelas que presentan buenos ambientes en las parcelas de evaluación en el municipio de Estelí época de primera de 1999.....	31
9 Intervalos de confianza en las parcelas que presentan ambientes pobres en las parcelas de evaluación en el municipio de Estelí época de primera de 1999.....	32
10 Intervalos de confianza que presentan ambientes buenos y pobres en las parcelas de evaluación en el municipio de Estelí en la época de primera de 1999.....	32

INDICE DE ANEXOS

Anexos	Página
1 Mapa de la zona donde se ubicaron las parcelas de evaluación en el municipio de Esteli, en la época de primera de 1999.....	50
2 Mapa micro- localización de las zonas donde se establecieron las parcelas de evaluación, en el municipio Esteli, en la época de primera de 1999.....	51
3 Precipitaciones durante la época de primera de 1999, en el municipio de Esteli.....	52
4 Números de nódulos por plantas en cada una de las fincas con cada uno tratamientos.	52
5 Peso de nódulos en cada una de las fincas con cada uno de los tratamientos.....	52
6 Densidad poblacional en cada una de las fincas con cada uno de los tratamientos.	53
7 Número de vainas por plantas en cada una de las fincas con cada uno de los tratamientos.....	53
8 Número de granos por vainas en cada una de las fincas con cada uno de los tratamientos.....	54

9 Rendimiento promedios de las diferentes variedades en kg/ha en las parcelas establecidas en cada una de las fincas.....	54
10 Rendimiento medio del cultivo de frijol rojo, en fincas que presentan ambientes buenos.....	55
11 Rendimiento medio del cultivo de frijol rojo, en fincas que presenta ambientes pobres.....	55
12 Encuesta realizada a los productores de la zona de Estelí para conocer su percepción a cerca de la nueva Tecnología utilizada(uso de inoculantes) durante la Época de primera de 1999.....	56

RESUMEN

El presente trabajo de evaluación de la inoculación de una mezcla de cepas de *Rhizobium leguminosarum* bv *phaseoli* en frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) se llevó a cabo en el municipio de Esteli, en la época de primera de 1999. Se evaluó en ocho fincas de la zona el uso del inoculante, en comparación a la forma tradicional que los productores de la zona utilizan, sin fertilización. Las variables evaluadas fueron número de nódulos por plantas, peso seco de nódulos, densidad poblacional, número de vainas por plantas, número de granos por vainas y la variable principal a evaluar fue el rendimiento del cultivo. En cuanto al rendimiento se obtuvieron resultados divididos, cuatro ambientes buenos y cuatro ambientes pobres, de acuerdo al índice ambiental obtenido en la zona, a demás no se encontraron diferencias significativas entre las variables evaluadas. Al realizar el análisis económico en seis fincas de los productores, la tecnología tradicional fue dominada por la nueva tecnología. La percepción de los productores en cuanto a la tecnología fue buena ya que en un cien por ciento los productores volverían a utilizar el inoculante.

SUMMARY

The present work of evaluation of the inoculation of a mixture of *rhizobium leguminosarum* bv *phaseoli* in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) was realised in a municipality of Esteli, the first growing season called "Primera" of 1999. The use of the inoculant was evaluated in eight farms in the zone, in comparison with the traditional form that the farmers use in the zone, that's without fertilization. The variables evaluated were number of nodules per plant, dry weight of nodules, population density, number of pods per plant, number of grains per pod and the principal changeable to evaluate the productivity of the farming. The productivity obtained divided results, in four good environments, and four poor environments, according to the environment index obtained in the zone. Also significant differences were not found between the changeables evaluated, from the analysis of the partial budget it was obtained that in six of the farmer's the traditional technology was dominated with the new technology. The perception of the farmer's of how good the technology was now is that a hundred per cent (100%) of the farmers will go back to using the inoculant.

I. INTRODUCCION

En Nicaragua el cultivo de frijol es el segundo rubro de mayor importancia después del maíz, siendo parte de la dieta alimenticia de todos los niveles y estratos sociales. El frijol es apreciado por su alto valor nutritivo, su semilla representa un alto contenido proteico (22.3%) a demás es una excelente fuente de hierro y vitamina A (MAG,1992).

El cultivo de frijol es una actividad agrícola generalizada por pequeños y medianos productores en manos de los cuales se encuentran aproximadamente el 95% de las tierras utilizadas para este rubro. Dicho cultivo se establece sobre todo en áreas marginales donde aún se emplean métodos tradicionales de producción como el uso de variedades tradicionales, siembra al esquivo, baja densidad y una deficiente fertilización (Aleman & Tercero, 1991).

En Nicaragua existen probablemente más de 80,000 productores de frijol rojo en todo el territorio nacional, la mayor parte de ellos siembran para auto consumo en primer lugar. El 84% se encuentra ubicado en las regiones I, V y VI, con 22, 25 y 27%, respectivamente (Clemens et al., 1994).

En la región de Estelí se cultivan unas 38215.12 ha. de frijoles de las cuales el 43% se siembran en la época de postrera, el 53% en la época de primera, la tercera cosecha no es muy significativa y se hace en las zonas donde el período lluvioso es más amplio o bajo riego(4%) (Sandoval & López, 1997).

Según información estadística del MAG-FOR(1999), en la producción de frijol de la época de primera de 1999 se cosecharon 32,119 manzanas, produciendo 333,284 qq y en la zona de Estelí según MAG-FOR(2000) cosecharon 14,327 manzanas con una producción de 132,376 qq.

Debido a la gran importancia que tiene la producción de frijol en la dieta alimenticia de los diferentes países de Latinoamérica se han venido realizando diferentes tipos de

investigaciones para la obtención de mayores rendimientos mediante la disminución de la utilización de fertilizantes nitrogenados y aprovechar las características naturales que presentan las leguminosas, que es la fijación biológica de nitrógeno atmosférico, mediante la simbiosis de leguminosas con bacterias del género *Rhizobium*.

La inoculación con cepas efectivas de *Rhizobium* vendría a traer entonces beneficios directos en la producción permitiendo a los productores bajar los costos, elevar los rendimientos y productividad del cultivo hasta un 15% (FAO, 1985b), economizándose el nitrógeno del suelo (FAO, 1993).

El uso de variedades criollas con alta susceptibilidad a las enfermedades y de bajo potencial de rendimiento, siembra en suelos marginales y pobres, así como deficiente uso de insumos en variedades mejoradas, son las principales causas en los bajos rendimientos del cultivo del frijol según Llano & Obando (1997). Además de la deficiencia en el manejo de las malezas, siendo afectada frecuentemente por plagas y enfermedades.

Uno de los aspectos de mayor interés es el relacionado con la fertilización debido a que la mayoría de los suelos utilizados para este cultivo son deficientes en nitrógeno y fósforo, por esta razón se ha venido explorando si la fijación biológica puede garantizar al cultivo un alto porcentaje de nitrógeno necesario para su desarrollo.

En Centro América y Cuba han demostrado que la fijación biológica de nitrógeno es una estrategia viable para incrementar la producción, además del bajo costo, contribuye a la sostenibilidad de producción del cultivo (Miranda & Molina, 1992).

En Nicaragua, a través de la Universidad Nacional Agraria se han venido realizando una serie de investigaciones acerca de la fijación biológica de N en el cultivo de frijol, las cuales han dado diversos resultados en cuanto al uso de inoculantes a nivel de experimentos de campo, por lo que ahora se quiere llevarlos a las condiciones reales de manejo por parte de los productores, cumpliendo con los siguientes objetivos:

Objetivo general

- Evaluar la tecnología del uso de una mezcla de cepas de *Rhizobium leguminosarum* bv *phaseoli* en la inoculación del frijol común en el municipio de Esteli en la época de primera de 1999, a nivel de pequeños productores.

Objetivos específicos

- Evaluar el efecto de nodulación sobre el rendimiento del cultivo de frijol.
- Evaluar económicamente las parcelas del cultivo de frijol en la época de primera de 1999.
- Determinar el grado de percepción de la tecnología de inoculación por los productores donde se establecieron las parcelas.

II. REVISION DE LITERATURA

2.1.- Leguminosas

Las leguminosas son angiospermas que pertenecen al *phillum Rosales*. Las leguminosas son de crecimiento rápido, de múltiple uso, y capaces de crecer en suelos pobres; algunas características fundamentales que valoran en mayor o menor grado a todos los géneros y especies de leguminosas son su excepcional calidad alimenticia, en términos proteicos y minerales, y sus grandes posibilidades de fijar nitrógeno del aire a través de la simbiosis con las bacterias del género *Rhizobium* y otros géneros relacionados; además proveen a los productores granos, forraje y madera, les sirve como abono verde y otros productos (Binder, 1997).

2.1.1.- Tipos de leguminosas

La amplia variabilidad taxonómica de las leguminosas se refleja en una distribución cosmopolita. Se encuentran desde climas cálidos hasta fríos, desde la zona ecuatorial hasta los polos (Binder, 1997).

La familia de las leguminosas se divide en 3 subfamilias: *Mimosaceae*, *Caesalpinaceae* y *Faboideae* o *Papilionaceae*.

Mimosaceae: esta subfamilia comprende más de 50 géneros y 2900 especies que representan principalmente las regiones tropicales, en su mayoría son árboles y arbustos (enredaderas), y muy pocas son plantas herbáceas.

Caesalpinaceae: esta es una subfamilia de las regiones cálidas que consiste principalmente de arbustos ornamentales, hay cerca de 180 géneros y 1800 especies.

Papilionaceae: esta subfamilia comprende más de 14000 especies y 500 géneros distribuidos en todo el globo terrestre, son plantas herbáceas y muy raramente árboles o arbustos (Grignac & Wery, 1995).

2.1.2.- Inadaptación de leguminosas a condiciones extremas

- Las leguminosas no se adaptan a suelos no formados (arenales)
- En suelos ácidos (no adecuados para la mayoría de los *Rhizobios*).
- En suelos salinos
- En suelos muy pobres en materia orgánica y nutrientes: deficientes en K, P, Mg, Mn, y Mo, pero particularmente deficientes en P y Ca.
- En suelos compactos, con alta humedad del suelo o inundados por largos periodos (Wery & Grignac, 1995).

2.1.3.-Leguminosas fijadoras de nitrógeno

La nodulación de las leguminosas es un fenómeno frecuente, aunque algunas especies no pueden ser infectadas por los *Rhizobium*, y por lo tanto no fijan nitrógeno. Las especies de las familias Mimosoideae y Faboideae son sin excepción simbióticas, mientras que solo el 30% de las especies de la subfamilia Caesalpinaceae puede formar nódulos (Obaton, 1995).

Las leguminosas pueden por lo general alimentarse por dos formas:

- 1._Por asimilación de nitrógeno del suelo (absorción de nitratos de materia orgánica nitrificada o fertilizantes).
- 2._Por fijación simbiótica de nitrógeno atmosférico. El nitrógeno atmosférico penetra por el suelo hasta los nódulos donde se reduce a amoníaco por la nitrogenasa de los bacterioides del *Rhizobium*, siendo incorporado este amoníaco a las estructuras carbonadas para producir aminoácidos y proteínas (Obaton, 1995).

Para economizar nitrógeno del suelo y fertilizantes, es importante tratar de aumentar la proporción de fijación de nitrógeno y reducir la proporción de asimilación (Obaton, 1995).

Algunos géneros de leguminosas fijadoras de nitrógeno:

Arachis (Maní), *Pisum* (Arveja), *Phaseolus* (Frijol), *Lens* (lenteja), *Vigna* (Cawpea), *Glycine* (Soya), *Trifolium* (Tréboles), *Medicago* (Alfalfa) (FAO, 1985a).

2.2.- Tipos de bacterias

2.2.1.- El *Rhizobium*

Rhizobium es una bacteria no esporulante y como resultado, su sobrevivencia en un inóculo es algo incierta. Sin embargo se desarrolla bien en el suelo y está usualmente presente en tierras cultivadas (Obaton, 1995).

Los *Rhizobium* son microorganismos capaces de inducir formación de nódulos fijadores de N atmosférico en las raíces de las plantas de la familia leguminosa; algunos *Rhizobios* son capaces de inducir nódulos en el tallo de algunas leguminosas (sesbania, *Reschynomene*), (Neyra, 1995).

2.2.2.- Bacterias fijadoras de nitrógeno

No cualquier *Rhizobium* forma nódulos en cualquier leguminosa. Por esta razón, el *Rhizobium* se clasifica en especie o grupos de inoculación según la leguminosa que infecte (Amarger & Legacherie, 1985). Ver Tabla 1 y 2.

Tabla 1 Clasificación actual de los Rhizobios

Especie	Planta huésped
<i>Rhizobium meliloti</i>	Medicago, Melilotus, Trigonella
<i>Rhizobium Leguminosarum</i>	
Biovar trifolii	Trifolium
Biovar phaseoli	Phaseolus
Biovar Viciae	Pisum, Vicia, lens, Lathirus
<i>Rhizobium loti</i>	Lupinus, latus, Anthyllis, Ornithopus
<i>Rhizobium galegae</i>	Galega
<i>Rhizobium Fredii</i>	Glycine max
<i>Bradyrhizobium japonicum</i>	Glycine max
<i>Azorhizobium caulinodans</i>	Sebastiania rostrata

Neyra (1995)

Tabla 2 Organismos fijadores simbióticos

Microsimbionte	Macrosimbionte	Capacidad fijadora de N
Rhizobium Bradirhizobium	Angiospermas: Leguminosae (20000 Sp) -90% papilionaceae -90% mimosoideae -30% Caesalpinoideae.	Promedio 200 Kg N/Ha/año —500 Kg N/Ha/año para algunas asociaciones
Rhizobium (caupi)	Angiospermas Parasponia (tropical) (Zygophyllaceae)	
Actinomicetos Frankia	Angiospermas Casuarinas (tropical) Coriaria Alnus, purshia Maricaceae (120 Sp templadas...)	—40 a 200 Kg N/Ha/año (C. equisetifolia: 5-105)
Cianobacterias Anabaena Nostoc	Angiospermas Gimnospermas: Cycas, Bowenia (tropical- subtropical) Líquenes Musgos Helechos: Azolla	2 a 5 Kg N/Ha/año 100 a 200 Kg N/Ha/año

Drevon (1995)

2.2.3.- Simbiosis leguminosa -bacteria

La simbiosis fijadora de nitrógeno se basa en la asociación de bacterias del género *Rhizobium* con plantas de las familias leguminosas. Las leguminosas suministran energía en forma de productos de la fotosíntesis a las bacterias y las bacterias proporcionan a las plantas el nitrógeno que fijan del aire (Binder, 1997).

Las bacterias realizan la fijación de nitrógeno con ayuda de la enzima nitrogenasa. Esta contiene Fe y Mo como metales encargados del transporte de electrones, necesarios en la reducción de nitrógeno molecular a amonio (Binder, 1997).

Este tipo de simbiosis puede producir en condiciones óptimas hasta un máximo de 500 a 600 kg/ha de nitrógeno. Aunque la cantidad de nitrógeno fijado es sumamente variable y depende en primer lugar de la efectividad de la simbiosis, o sea de mayor a menor afinidad de los *Rhizobium* existentes en el suelo o las leguminosas. La habilidad para fijar nitrógeno es influenciada por el tipo de especie e incluso la variedad de la leguminosa, el nitrógeno disponible en el suelo y los mismos factores que afectan el desarrollo normal de las plantas, especialmente humedad, oxígeno, nutrición (Binder, 1997).

2.2.4.- Nodulación

Según Galomo (1978), citado por Portillo (1995), la evaluación de la nodulación resulta ser limitada principalmente cuando influyen algunos factores en la medida de este parámetro, es decir que la determinación del número de nódulos no es una variable de mucha confiabilidad. Un factor que influye en esto es la compactación del suelo o una humedad deficiente al momento de hacer la extracción. Binder (1997) menciona que la habilidad para fijar nitrógeno es influenciado por los mismos factores que afectan el desarrollo normal de las plantas, especialmente oxígeno, humedad y nutrición.

Mcferson (1981), citado por Juárez & Sánchez (1999) menciona que las condiciones de floración por maduración temprana o hábito de crecimiento determinado de la variedad influye negativamente sobre la nodulación hasta un nivel desconocido.

La formación de nódulos es el resultado de una respuesta específica de las raíces de la planta huésped a la invasión de los *Rhizobium*, siendo su principal función la fijación de nitrógeno atmosférico y hacerlo disponible a las plantas. Los nódulos tienen forma poliédrica, presentando un diámetro aproximado de 2- 5mm (Somarriba, 1998).

Los *Rhizobium* generalmente están presente en el suelo y comienzan a multiplicarse en la rizósfera de una leguminosa, cuando germina la semilla; como consecuencia de una proliferación de bacterias, la célula huésped se ve estimulada a una activa división, pasando

los *Rhizobium* a las células hijas de las sucesivas divisiones. Este proceso produce un abultamiento en la raíz que constituye el nódulo (Obaton, 1995).

Según Binder (1997), cada nódulo corresponde a una raicilla modificada y tiene el carácter de un órgano de 5(cinco) elementos:

1. Presenta un meristema de pequeñas células no infectadas por los Rhizobios.
2. Una zona de multiplicación de las células infectadas, pero sin fijación.
3. Zona de fijación con células con tinte rojo por leghemoglobina.
4. La zona de la degeneración de tinte verde, también sin actividad de fijación.
5. Los vasos suministran los carbohidratos y exportan el nitrógeno fijado.

Los nódulos se localizan, por lo general, en las raíces. No en todos los pelos absorbentes se pueden formar nódulos, solamente en las zonas maduras y de crecimiento activo (Binder, 1997).

2.2.5.- Nodulación eficiente

En una simbiosis eficiente, la planta muestra un color verde intenso, señal de un suficiente abastecimiento de nitrógeno y los nódulos son de tamaño grande, rosados, carnosos en un número y distribución restringida y situados en la proximidad del cuello y de las primeras raíces secundarias. Una cantidad de 6(seis) nódulos grandes en la raíz principal o de 15(quince) en las secundarias, garantizan una eficiente fijación (Binder, 1997).

En una fijación ineficiente existe un gran número de nódulos pequeños, duros, esféricos y de color blanco repartidos por todo el sistema radicular (FAO, 1985a).

2.3.- Factores que inciden en la simbiosis

En la simbiosis inciden diferentes factores como especies de leguminosas, hábito de crecimiento, aplicación de nitrógeno al suelo, factores climáticos, pH del suelo, materia orgánica del suelo, uso de plaguicidas. El estado nutricional del suelo influye directamente sobre el proceso de nodulación en la medida que algunas deficiencias afectan en forma negativa el metabolismo de las plantas. Según Varela (1982) citado por Ortiz et al. (1990) los bajos contenidos de Ca, Mg, P y B inhiben la nodulación y la deficiencia de Mo, Co y Cu no la permiten.

Según Trigos & Fassbender (1973) citados por Parrilla & Báez (1998) dentro de los elementos nutritivos el Ca, Mg, P, Mo, B y otros micronutrientes, son limitantes de la fijación de N atmosférico en muchos suelos de las áreas tropicales.

2.3.1.- Factores nutricionales del suelo

Un óptimo sistema de fijación biológica de nitrógeno compuesto por la mejor cepa de *Rhizobium*, aplicada en la mejor formulación de inoculantes, no proveerá máximo beneficio si es aplicada a plantas que están creciendo bajo condiciones deficientes de fósforo (Miranda & Molina, 1992).

El contenido de fósforo es importante para la fijación de nitrógeno, ya que interviene en la producción de proteínas, en el desarrollo de raíces y de la parte aérea (Portillo, 1995).

Un problema serio para la agricultura en algunos países tropicales es la fijación del fósforo por los suelos, este fenómeno se produce en suelos ricos en arcillas alofanas, las cuales absorben el fosfato de manera muy fuerte hasta no liberar las cantidades necesarias para un buen desarrollo del cultivo. Aunque la concentración de fósforo en el suelo sea elevada, la cantidad aprovechable por las plantas queda insuficiente (Arce et al., 1984).

En muchos casos la adición de fertilizantes nitrogenados y de inóculos tienden a disminuir el número de nódulos en las raíces de las plantas (Bazan, 1974). El éxito de este fenómeno está condicionado a ciertas características físico-químicas del suelo, en un medio pobre en nitrógeno pero rico en P, K, Ca, la fijación es mucho más intensa (Parrilla & Báez, 1998).

El nitrato es uno de los más potentes inhibidores de la fijación simbiótica de nitrógeno según Streeter (1988) citado por Rodríguez et al. (1996), inhibe estadios tempranos de la nodulación como: la deformación de los pelos radiculares, el anclaje de los *rhizobium* a los mismos o el desarrollo de los cordones de infección, además retrasa la formación de nódulos y disminuye la masa nodular (Rodríguez, 1996).

El boro resulta esencial en el ensamblaje de los principales componentes de la pared celular (pectinas y extensina), y por consiguiente la estabilidad de la misma (Bonilla & Bolaños, 1996). Esteban (1996) citado por Bonilla & Bolaños (1996) ha determinado que la concentración de boro es doble en las paredes de los nódulos que en la raíz y que las fracciones de pectinas de mayor tamaño llevan asociadas 15 veces más boro que las presentes en la raíz.

Bonilla & Bolaños (1996) afirman que la ausencia de boro parece alterar interacciones entre la planta y bacteriodes, y conduce al desarrollo de simbiosomas que senescen prematuramente y donde no se produce la diferenciación normal de la bacteria o bacteriodes.

El Mo es necesario para la formación de la enzima nitroreductasa. Esta enzima reduce los nitratos a amonio en la planta, además es vital para la formación de nódulos. La deficiencia de Mo puede producir una deficiencia de nitrógeno en las leguminosas, debido a que las bacterias necesitan tener Mo para ayudar a fijar el nitrógeno del aire (Foundation for Agronomic Research, 1988).

Galomo (1978), citado por Portillo (1995) dice que la compactación del suelo puede ser una restricción severa en la formación de nódulos debido a la aireación pobre en la zona

radicular, la cual limita la fijación de nitrógeno. Dentro del ambiente físico la humedad influye sobre la formación de nódulos (Portillo, 1995).

La formación y buen funcionamiento de los nódulos requiere de una buena cantidad de oxígeno en el suelo; el contenido de oxígeno suele ser bastante inferior al 20%, por lo que tanto la formación como el funcionamiento de los nódulos no será óptimo (FAO, 1985a).

2.3.2.- Factores climáticos

Las diferentes especies y cepas de *Rhizobium* tienen diferentes comportamientos en cuanto a la temperatura y humedad se refiere, siendo las temperaturas óptimas para *Rhizobium phaseoli* 20-25 grados centígrados y *Rhizobium Japonicum* 25-28 grados centígrados (Binder, 1997).

2.3.3.- Hábito de crecimiento

La condición de floración, maduración temprana o hábito de crecimiento determinado de la variedad influyen negativamente sobre la nodulación y la fijación simbiótica de nitrógeno hasta un nivel desconocido (Miranda & Molina, 1992).

2.3.4.- pH del suelo

Las razas de *Rhizobium* al igual que las especies de leguminosas difieren mucho en la tolerancia a la acidez. El rango de pH que pueden tolerar los *Rhizobium* es de 4.5-9.6, el óptimo se encuentra entre 6-7.

La acidez también causa problemas en la nutrición mineral de *Rhizobium* y de la leguminosa hospedante, por lo que afectará a la disponibilidad y absorción de ciertos elementos presenciales en el trabajo eficaz de los nódulos, como el Ca, Mg, S y Mo. Una de las causas del pobre desarrollo de algunas especies de leguminosas en suelos ácidos es la baja

disponibilidad de molibdeno, el *Rhizobium phaseoli* tiene alta tolerancia a pH ácido y altas concentraciones de aluminio y/o manganeso (Binder, 1997).

2.3.5.- Materia orgánica del suelo

La materia orgánica incrementa la población de *Rhizobium* del suelo a través de sus efectos sobre la estructura, balance mineral, la vida micro y macrobiana del suelo, por consiguiente se aumentan las probabilidades de infección (Binder, 1997).

2.4.- Componentes del rendimiento

Los componentes del rendimiento son otra clase de parámetros utilizados para describir la distribución del peso seco en la planta de frijol común, estos pueden ser definidos en varias formas pero estos se basan en una serie de factores que multiplicados en conjunto equivalen al rendimiento (González, 1995b).

Tapia y Camacho, (1988), Camptón, (1985), citados por Valdivia y Valle, (1997) aseguran que el rendimiento depende del genotipo de la variedad, de la ecología, y del manejo a que se somete el cultivo, afirma que el rendimiento del grano es el resultado de un gran número de factores biológicos y ambientales que se correlacionan entre si para luego expresarse en producción por hectárea.

2.4.1.-Densidad Poblacional

Avilés & Centeno (1999), mencionan que la población de plantas es determinante para obtener buenos rendimientos. Hernández & Gaméz (1988), citados por avilés & Centeno (1999), refieren que densidades poblacionales débiles a la siembra significara una menor densidad poblacional al momento de la cosecha. Blanco (1991), menciona que una alta dosis de siembra tiene un efecto positivo sobre el rendimiento y mejora el efecto de competencia del frijol sobre las malezas.

2.4.2.- Número de vainas por plantas

Según Blanco et al., (1993), este parametro tiene influencia directa en el rendimiento, ya que un alto número de vainas asegura buenos rendimientos.

Monzón (1992), citado por Parrilla & Baez (1997) encuentra aceptable un promedio de 11-16 vainas por plantas en el cultivo de frijol. González (1995a) menciona que el número de vainas por plantas es variable en cuanto a la variedad de frijol y reportó que estas oscilan entre 8 y 18 vainas por plantas.

2.4.3.-Número de granos por vainas

White (1985), citado por González (1995b), menciona que el número de granos por vainas es uno de los componentes del rendimiento y su peso determina el índice de cosecha. González (1995a), dice que el número de granos por vainas de frijol común varía en un rango de 4 y 6 granos.

III. MATERIALES Y METODOS

3.1. Descripción del ensayo

3.1.1. Ubicación y clima

El presente trabajo de investigación se realizó en el municipio de Estelí propiamente en las comarcas de La Tunoza y El Regadio (ver anexos 1 y 2), los cuales se encuentran en lugares cuyas elevaciones oscilan entre 815msnm y 1009msnm, con temperaturas medias de 24.15 °c, con humedad relativa promedio de 72.8%, con **precipitaciones anuales promedios de 800 a 1000 mm**, el promedio de lluvia el año de 1999 fue de 938.4mm/año, y durante la época de primera fue de 350.55mm presentado en la Figura 1 de precipitaciones durante el periodo de establecimiento de las parcelas.

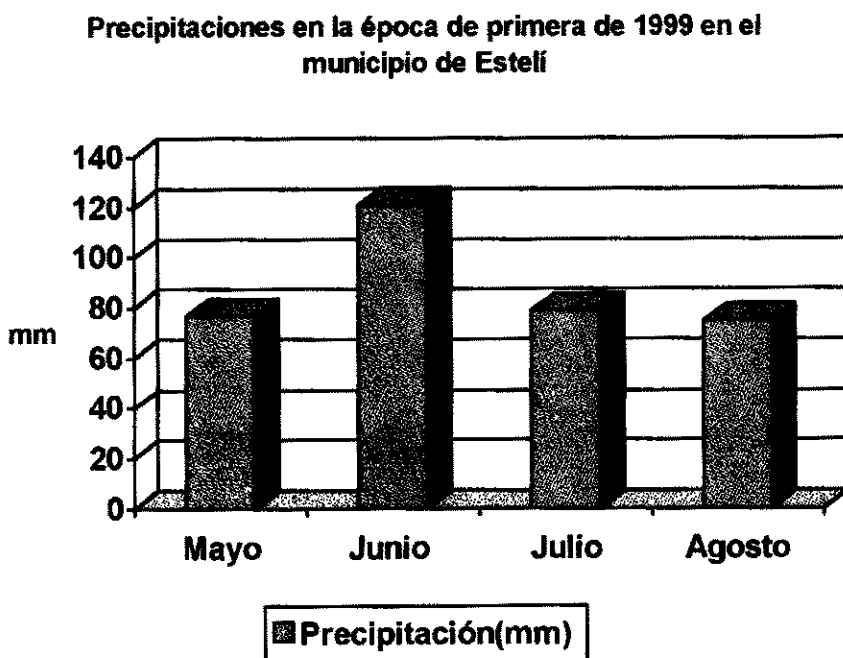


Figura 1. Precipitación ocurrida durante la época de primera de 1999, en el municipio de Estelí (INETER, 1999)

3.1.2. Descripción de suelos

Tabla 3 Características químicas y físicas de las diferentes parcelas en que fueron establecidos los cultivos de frijol común a evaluar en el municipio de Esteli en la época de primera de 1999.

No.	Nombre de los productores	pH en H ₂ O	M.O.(%)	N(%)	P (ppm)	K(meq/100g suelo)	Clase textural	Ubicación
1	Bismark Olivas	5.9	5.51a	0.27a	7.35b	0.16b	franco	El Regadillo
2	Leonardo C. Elizabeth	5.6	4.07a	0.2a	11.35m	1.04a	Franco-arcillo-arenoso	El Regadillo
3	Luis Francisco Huete	5.8	8.14a	0.4a	6.88b	1.25a	franco	El Regadillo
4	Cristóbal Obregón	5.3	4.75a	0.23a	84.78a	1.67a	arcilloso	El Regadillo
5	Orlando Pérez	5.3	3.06m	0.15a	41.41a	0.48a	arcilloso	El Regadillo
6	Salvador Cruz	5.4	8a	0.4a	0.91b	1.15a	franco	El Regadillo
7	Rubén Blandón	6.1	7.32a	0.36a	1.86b	0.6a	arcilloso	La Tunoza

Clave: a: alto b: bajo m: medio; M.O: materia orgánica.

Fuente: LABSA, UNA, 1999.

3.2. Material biológico utilizado

El inoculante utilizado como alternativa tecnológica consiste en una mezcla de cepas de *Rhizobium*, el cual es producido por la empresa GRAINCO del departamento de Chinandega.

La inoculación se realizó de forma directa a la semilla de frijol, el que consistió en agregar al inoculante (0.11kg), agua(250cc) y una cucharada de aceite vegetal (5ml), mezclándolo bien, después se mezcló con la semilla de frijol (12kg). Esta mezcla se utilizó para la siembra de 0.1756ha.

3.3. Descripción de las alternativas tecnológicas

La evaluación consistió en el establecimiento de dos parcelas en cada una de las fincas de los productores para un total de 16 parcelas, las que representaban un área de 625m² cada una.

Las parcelas fueron establecidas de la siguiente manera: en una primer parcela consistió la que se quería evaluar la parcela con el inoculante, y la otra que se tomó como parcela testigo (sin inoculante), ambas parcelas fueron sometidas al manejo tradicional del productor.

3.4. Variables evaluadas

En este ensayo, la variable principal a determinar es el rendimiento del cultivo. Además se evaluaron los siguientes componentes del desarrollo, número de nódulos por plantas y peso de nódulos del cultivo así como algunos de los componentes del rendimiento entre ellos se tienen densidad poblacional, número de vainas por plantas y número de granos por vainas.

El análisis de las variables: densidad poblacional, se evaluó a través del conteo al azar del número de plantas por metro lineal, realizando cinco conteos por parcelas, determinando de esta manera un promedio por parcelas y un estimado de plantas por hectáreas. El número de nódulos se determinó a través del conteo en cinco plantas en cada una de las parcelas, tanto inoculada como sin inocular. El peso de nódulos se determinó pesando la cantidad de nódulos encontrados en las cinco plantas; el número de vainas por plantas se determinó a través del conteo en cinco plantas por parcelas, determinando un promedio de vainas por plantas en ambas parcelas, y el número de granos por vainas realizándolo a dos vainas por planta en ambas parcelas y de igual manera se determinó un promedio.

3.5. Análisis de datos

Para el caso del rendimiento, se cosecho por separado cada una de las parcelas tanto inoculadas como sin inocular, siendo de esta manera proporcionado los datos por los productores.

El análisis de las variables fueron realizadas a través de una descripción por medio de gráficos y una prueba de "t" student, el cual es un método de análisis estadístico sencillo el que consiste en aparear unidades experimentales contiguas y muy similares a las cuales se les aplica el componente tecnológico y permite comparar un componente tecnológico con otro (PASOLAC, 1999).

3.5.1. Análisis de estabilidad modificado

El análisis de estabilidad modificado según Pedroza y Salazar(1998) está basado en procedimiento utilizado hace tiempo por los fitomejoradores. Es una manera de hacer uso de la variabilidad existente en diferentes fincas para ayudar a confirmar dominios de recomendación, o señalar la necesidad de dividirlos.

El análisis de estabilidad modificado es un procedimiento simple, el cual utiliza un índice ambiental creado a partir de los datos de los ensayos en fincas como una manera de estimar a todos los factores que influyen en la respuesta a una tecnología. Estos factores incluyen el clima, los suelos y las prácticas de manejo del productor.

En cada ensayo se efectúan las prácticas comunes de cada agricultor. Cada productor las somete a diferentes condiciones de suelo, fecha de siembra, control de plagas, fertilizantes y otras prácticas de manejos.

Una finca en la que los rendimientos promedios de las dos variedades son altos (por cualquier razón), es considerada como un ambiente "bueno" para ese cultivo. Una finca en la que los rendimientos son bajos (por cualquier razón), es considerada un ambiente pobre.

De esta forma el ambiente se torna en una variable continua y cuantificable, cuyo rango de valores es el rendimiento promedio de cada sitio en el ensayo. El rendimiento de cada una de las alternativas puede ser relacionado con el ambiente mediante regresión lineal simple, basada en la siguiente ecuación.

$$Y_i = a + be$$

Donde :

Y_i = rendimiento de la i-esima variedad

a = intercepto

b = coeficiente de regresión

e = índice ambiental que es el rendimiento promedio de todos los tratamientos en cada sitio.

Calculando, independientemente para cada variedad, la ecuación de regresión correspondiente y graficando en un mismo plano cartesiano, es posible hacer una comparación visual de las tecnologías.

3.5.2. Distribución de intervalos de confianza

Un método que permite profundizar en análisis de los datos, y que contribuyen a hacer recomendaciones específicas, es el uso de la distribución de intervalos de confianza de las tecnologías, dentro de cada partición del dominio de recomendación.

El intervalo de confianza para un determinado nivel de confianza $t(\alpha)$, se calcula de la siguiente manera:

$$Y_{\bar{}} + S_y t(\alpha)$$

$Y_{\bar{}}$ = rendimiento promedio del tratamiento

α = nivel de confianza

S_y = error standard

$T(\alpha)$ = valor de “t” en tablas

3.5.3. Análisis económico

El análisis económico de los tratamientos se realizó utilizando metodología de presupuesto parcial propuesto por CIMMYT (1988), que al igual propone PASOLAC (1999) para análisis económico en parcelas de validación.

El análisis económico a partir del presupuesto parcial, es un método que se utiliza para organizar los datos experimentales con el fin de obtener los costos y beneficios de los tratamientos alternativos (CIMMYT, 1988).

CIMMYT (1988), recomienda que al rendimiento se le realice un ajuste a cada tratamiento, el que es un ajuste al rendimiento promedio en un cierto porcentaje, con el fin de reflejar la diferencia entre el rendimiento experimental y el que el productor podría lograr. Este ajuste se hace para tener un rendimiento más real ya que los trabajos se hacen en áreas pequeñas y el productor cuando trabaja en áreas comerciales no lo hace con el cuidado que como en los lotes de la evaluación.

3.5.4. Percepción de los productores

En esta fase de la investigación consistió en realizar una encuesta corta a los productores que participaron en la validación con el fin de conocer cual es la percepción que tiene el productor de la nueva tecnología utilizada. Ver anexo 12.

3.6. Manejo agronómico

El manejo agronómico fue realizado únicamente por el productor el que lo hizo de la misma manera que tradicionalmente lo ha venido realizando, como es la siembra al espeque y uso de bueyes, así como las diferentes fechas de siembra, diferentes métodos de control de malezas, sin la utilización de fertilizantes y diferentes variedades de frijol detallándose las diferentes variedades utilizadas por los productores en la tabla 4.

Tabla 4. Variedades de frijol rojo utilizadas en las parcelas de evaluación de una mezcla de cepas de *Rhizobium leguminosarum* bv *phaseoli* en el municipio de Estelí en la época de primera de 1999.

No.	Nombre del productor	Variedades
1	Bismark Olivas	Estelí 90
2	Leonardo Elizabeth	Chile rojo
3	Luis Francisco Huete	Estelí 90
4	Cristóbal Obregón	Chile rojo
5	Orlando Pérez	Estelí 90
6	Salvador Cruz	DOR 364
7	Rubén Blandón	DOR 364
8	Rigoberto Molina	DOR 364

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1. Evaluación de la nodulación (número de nódulos y peso de nódulos)

La evaluación de la nodulación es determinante para conocer la simbiosis entre las bacterias *Rhizobium* y la planta de frijol (Avilés & Centeno, 1999).

Maracay (1989) citado por Avilés & Centeno (1999), dice que el número de nódulos da una indicación de las condiciones de la infección en la raíz por *Rhizobium*. Los nódulos por plantas reflejan el número total de nódulos que los *Rhizobium* pueden producir en las raíces, y esto depende de la habilidad de la bacteria para formarlos (Avilés & centeno, 1999).

En la Figura 2 se puede observar que la inoculación de la semilla, con la mezcla de cepas de *Rhizobium*, no siempre estimula la formación de nódulos.

En la finca de los productores Bismark Olivas(1), Leonardo Elizabetth(2), Orlando Pérez(5), Salvador Cruz(6), se determinó un mayor número de nódulos por plantas en las parcelas sin inocular. Este resultado nos demuestra que las cepas de *Rhizobium* introducidas en estas fincas mostraron una deficiente infectibilidad. Ramírez (1983), afirma que la inoculación a menudo fracasa pues las plantas no son noduladas por las cepas de *Rhizobium* inoculadas en la semilla sino por cepas propias del suelo(nativas) menos eficientes en la fijación pero mejor adaptadas al suelo. Hubell (1986), citado por Miranda & Molina (1992), expresa que las cepas evaluadas no pueden competir con las nativas por sitios en las raíces de la leguminosa huésped.

En las parcelas de los productores Luis F. Huete(3) y Cristóbal Obregón (4), se presentaron mayor número de nódulos en las parcelas donde se aplicó la mezcla de *Rhizobium*, por lo que debió haber sido influenciado por la variabilidad genética de la semilla.

La variación en el número de nódulos por variedad según Tapia y Camacho (1988) es el resultado de que entre las cepas de *Rhizobium* existen diferentes grados de infectividad o sea habilidad para formar nódulos.

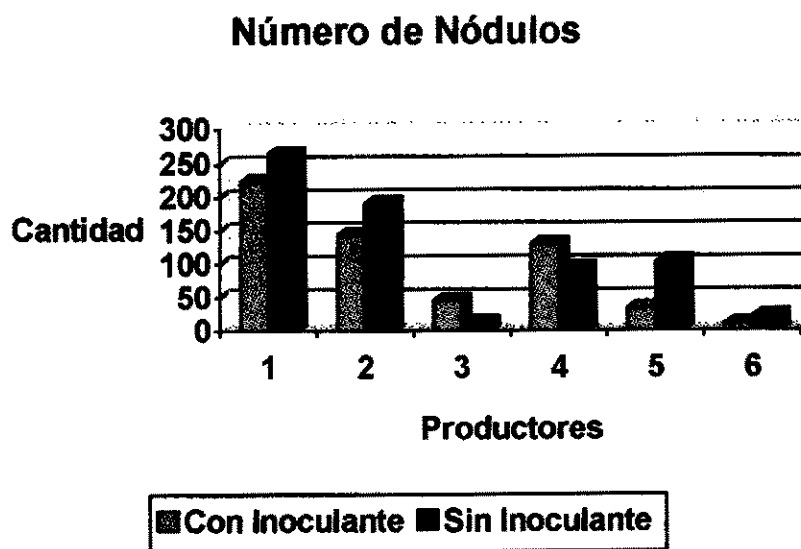


Figura 2. Número de nódulos por plantas en las parcelas de evaluación en el municipio de Estelí en la época de primera de 1999.

Maracay (1989), citado por Castillo y Flores (1999) menciona que la medición del factor peso de nódulo es esencial considerando que, el peso de los nódulos de la planta está directamente relacionada a la actividad de fijación del nitrógeno.

En la Figura 3 se puede observar que al igual que el número de nódulos en las fincas de los productores Bismark Olivas(1), Leonardo Elizabetth(2), Orlando Pérez(5) y Salvador

Cruz(6), se determinó un mayor peso de nódulos por plantas en las parcelas sin inocular. Este resultado nos demuestra que tanto el número de nódulos a como el peso de estas son directamente proporcionales; de igual manera ocurrió con las parcelas inoculadas de los productores Luis F. Huete(3) y Cristóbal Obregón(4).

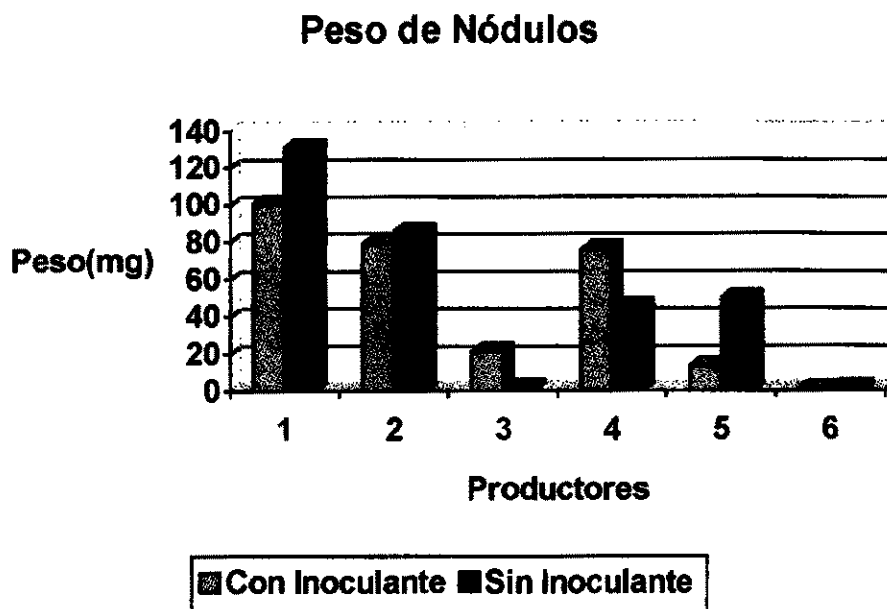


Figura 3. Peso de nódulos por plantas en las parcelas con inoculantes y sin inoculante en las parcelas de evaluación en el municipio de Estelí en la época de primera de 1999.

4.2. Componentes del rendimiento

Factores ecológicos interactúan con el genotipo en la formación del rendimiento. No todas las variedades producen granos en iguales cantidades si se sitúan en ambientes favorables y desfavorables (Tapia, 1987).

4.2.1. Densidad poblacional

Llano & Vanegas (1997), describen que una densidad de población alta es un factor importante para lograr altos rendimientos, sin embargo, depende de varios factores como la variedad, el sistema de siembra, la calidad de la semilla, el manejo agronómico y las condiciones edafoclimáticas que se presenten después de la siembra. Al igual que Blanco (1988), citado por González (1995b), menciona que las altas densidades de plantas permiten un cierre de calle más temprana, lo que reduce el espacio de crecimiento de la maleza y favorece el crecimiento y desarrollo de la planta de frijol.

En la Figura 4 se puede observar que en las parcelas de los productores Bismark Olivas(1), Leonardo Elizabeth(2), Cristóbal Obregón(4), y Salvador Cruz(6), presentan densidades poblacionales superiores a las parcelas que se le aplicó el inoculante, sin embargo, esto no significó que presentaran los mejores rendimientos.

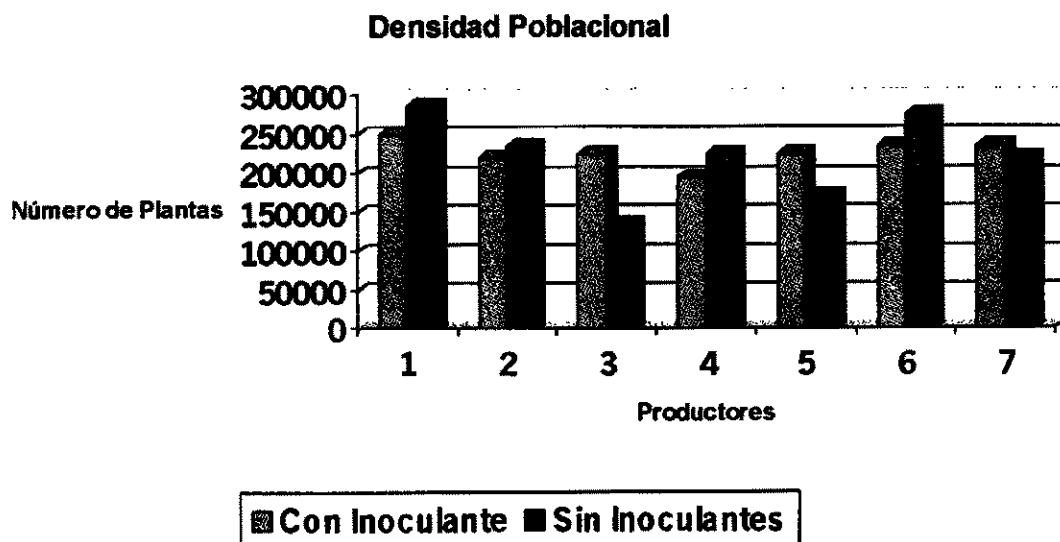


Figura 4. Densidad poblacional en las parcelas con inoculantes y sin inoculantes en las parcelas de evaluación en el municipio de Estelí en la época de primera de 1999.

4.2.2. Número de vainas por plantas

Según White (1985) citado por Castillo & Flores (1999), el número de vainas por plantas es un carácter cuantitativo y difiere entre las variedades por ser poligénico.

Según Mezquita (1973) citado por González (1995a), el número de vainas por plantas siempre está asociado con el rendimiento y puede disminuir conforme se aumenta la densidad poblacional. El mayor número de vainas por plantas puede provocar una disminución en el número de semillas por vainas, peso de semilla y por lo tanto bajar los rendimientos, estando en dependencia de las flores que tenga (González, 1995a).

En la Figura 5 se puede observar que las parcelas de los productores Luis F. Huete(3), Cristóbal Obregón(4), Orlando Pérez(5), Salvador Cruz(6) y Ruben Blandón(7), no se vieron estimuladas con la aplicación del inoculante, a pesar de todo ambas parcelas se encuentran en un rango aceptable en cuanto al número de vainas por plantas. González (1995b), mencionó que el número de vainas por plantas es variable en cuanto a la variedad de frijol y reportó que estas oscilan entre 8 y 18 vainas por plantas.

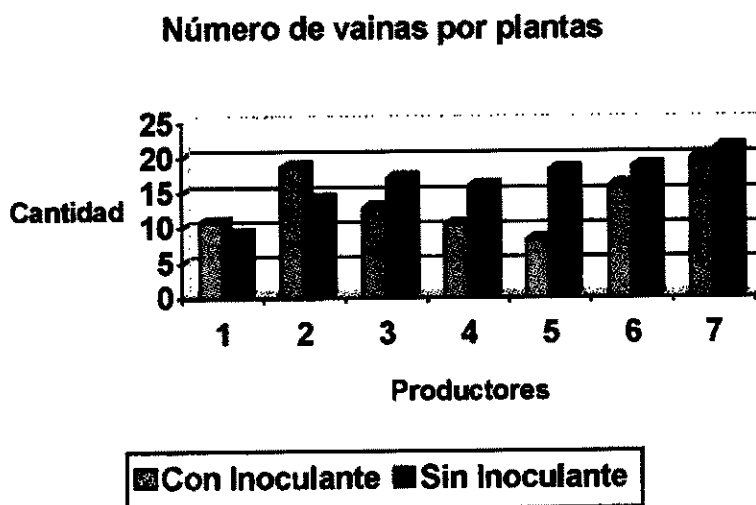


Figura 5. Número de vainas por plantas en las parcelas con inoculante y sin inoculante en las parcelas de evaluación en el municipio de Estelí en la época de primera de 1999.

4.2.3. Número de granos por vaina

White (1985), citado por González (1995b), sugiere que el carácter semilla por vainas es uno de los factores dominantes del rendimiento y su peso determina el índice de cosecha. Marini et al. (1993) menciona que la variación entre el número de granos por plantas se debe a las diferencias genéticas de las variedades y el efecto que el medio ambiente ejerce sobre los genotipos de las mismas, típico de caracteres cuantitativos.

En la Figura 6 se puede observar que tanto en las parcelas inoculadas y no inoculadas en las parcelas de los productores Leonardo Elizabeth(2), Luis F. Huete(3), Orlando Pérez(5) y Ruben Blandón(7), presentaron ambientes similares, y los productores Bismark Olivas(1) y Salvador Cruz(6) en las parcelas inoculadas presentaron el mayor número de granos aunque no presentaron una gran diferencia. A pesar de todo se encuentra en el rango que reporta González (1995a), que el número de granos por vainas en el frijol común varía entre 4 y 6 granos.

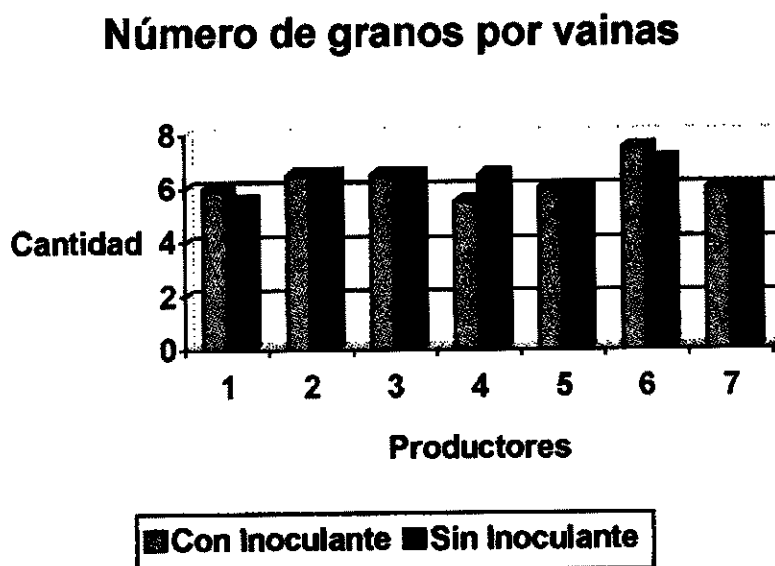


Figura 6. Número de granos por vainas en las parcelas con inoculante y sin inoculante en las parcelas de evaluación en el municipio de Estelí en la época de primera de 1999.

En la Tabla 5 se muestra el grado de significancia de las variables en estudio por lo que todas las variables en estudios tanto inoculadas como no inoculadas se encontraron ser no significativas, a lo que se puede deber según Vargas y Acuña (1990) a la presencia de cepas nativas muy eficientes en el suelo, o los altos contenidos de materia orgánica

Tabla 5. Grado de significancia de las variables densidad poblacional, número de nódulos por plantas, peso de nódulos por plantas, número de vainas por plantas y número de granos por vainas, en las parcelas de evaluación en el municipio de Estelí durante la época de primera de 1999.

	VARIABLES				
	Densi pob.	Nnod/planta	P nod/planta	N vaina/plan.	N gra/vaina
F. C. Inocu.	9.05	97.5	48.68	13.77	6.35
F. S inocular	8.82	113.83	52.65	16.25	6.28
tc	0.30	0.90	0.36	0.54	0.18
tt	1.943	2.015	2.015	1.943	1.943
Significancia	NS	NS	NS	NS	NS

F.C. Inocu. = frijol con inoculante tc. T calculado tt. T teórico. NS. No significativo

F.S.Inocular = Frijol sin inocular Densi. Pob. Densidad poblacional

Nnod-planta= Número de nódulos por plantas P nód/Panta= peso de nódulos por plantas

N vainas/plantas = Número de vainas por plantas

N gra Vaina = Número de granos por vainas.

4.3. Evaluación del rendimiento agronómico del cultivo

En la Tabla 6. se presentan los rendimientos del cultivo de frijol en kg/ha en las parcelas donde se realizó la evaluación de la mezcla de cepas de Rhizobium.

Los resultados obtenidos muestran que en las parcelas de los productores Bismark Olivas(1), Leonardo Elizabeth(2), Luis Francisco Huete(3), Orlando Pérez(5), Rubén

Blandón(7) y Rigoberto Molina(8), Presentaron rendimientos superiores en las parcelas inoculadas que las parcelas sin inocular.

Si bien el análisis estadístico realizados a las diferentes variables componentes del rendimiento muestran ser no significativo, se presenta una variación numérica en cuanto a la densidad poblacional, que se vio influenciada por las condiciones climáticas que se presentaron, como fue la sequía durante el establecimiento de las parcelas y el exceso de agua en algunas partes que se encontraban las parcelas ya establecidas, a parte de esto la utilización de diferentes variedades por parte de los productores, y el tipo de manejo que le dio.

Cabe destacar que en cinco de las ocho fincas donde se establecieron las parcelas de evaluación tanto en las con inoculante y sin inoculante, presentaron rendimientos superiores al rendimiento promedio local que es de 594.5 kg/ha según MAG-FOR (2000) y al promedio nacional según el MAG-FOR (1999), es de 580kg/ha.

Tabla. 6. Rendimiento del cultivo de frijol rojo en las parcelas con y sin inoculantes en las parcelas de evaluación en el municipio de Estelí época de primera 1999.

No.	Nombre del productor	Rendimientos en kg/ha	
		Con inoculante	Sin inoculante
1	Bismark Olivas	620.883	465.662
2	Leonardo Elizabeth	1034.805	776.104
3	Luis Francisco Huete	320.789	258.701
4	Cristóbal Obregón	258.701	382.878
5	Orlando Pérez	1552.208	840.779
6	Salvador Cruz	2069.611	2587.014
7	Rubén Blandón	1810.909	1552.208
8	Rigoberto Molina	1552.208	1034.805
	Media	1152.514	987.268
	e	1069.891	

e: índice ambiental

4.3.1. Análisis de estabilidad modificado

Al realizar el análisis de estabilidad modificado, mediante el cual el rendimiento de las dos alternativas en estudio se muestran mediante una regresión lineal simple Figura 7 determinándose únicamente en las fincas de los productores Orlando Pérez (5), Salvador Cruz(6), Rubén Blandón(7), y Rigoberto Molina(8) promedios superiores al índice ambiental que es de 1069.891 kg/ha, considerando los ambientes de estas fincas como buenos para la producción de este cultivo.

En la Figura 7 se puede observar la tendencia que presenta el potencial productivo en las parcelas con inoculantes que es ligeramente superior pero que se mantiene estable en su crecimiento. Las parcelas sin inocular también presentan una tendencia de crecimiento en la que llegará un punto en que se interceptarán y podría ser superior.

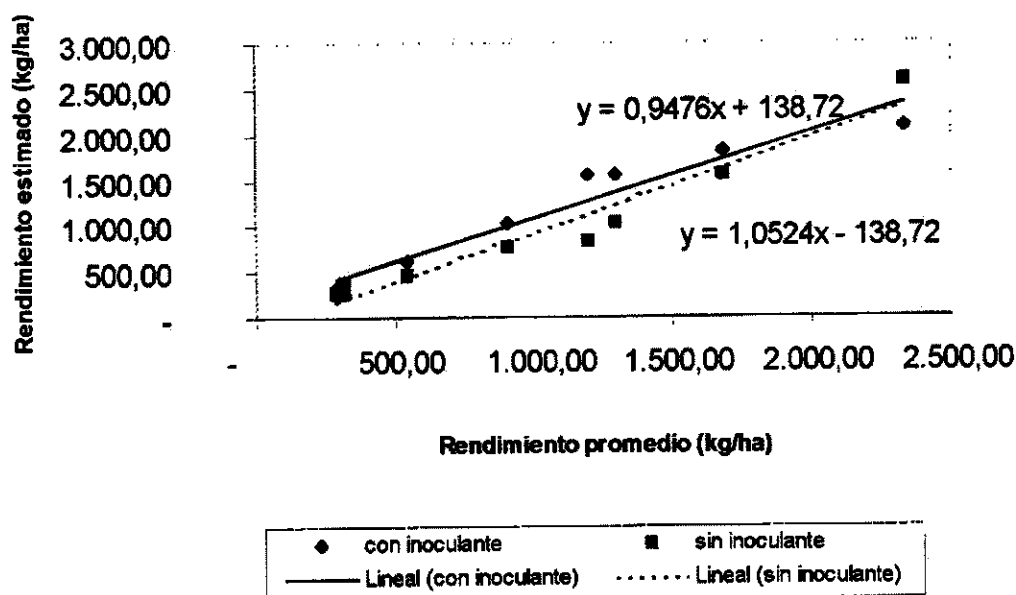


Figura 7. Respuesta lineal para el frijol con inoculante y sin inoculante, en las parcelas de evaluación en el municipio de Estelí en la época de primera de 1999.

4.3.2. Análisis de distribución de los intervalos de confianza

En la Figura 8 se puede observar que en los ambientes buenos la tendencia del frijol inoculado se presenta un poco más estable que en donde no se inoculó, aunque existe un mayor potencial de rendimiento para la tecnología tradicional, se puede observar que también el riesgo de obtener rendimientos muy bajos puede ser mayor.

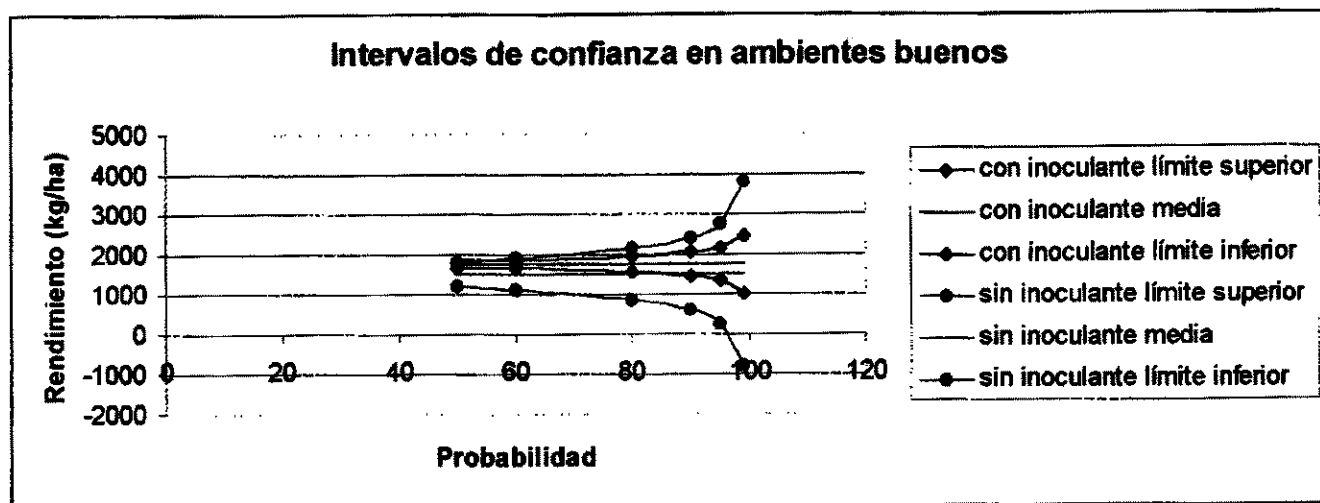


Figura 8. Intervalos de confianza en las parcelas que presentan buenos ambientes en las parcelas de evaluación en el municipio de Estelí, época de primera de 1999.

Para el caso de los ambientes pobres es igual que para los ambientes buenos, donde las parcelas inoculadas presentan una tendencia un poco más estable que las parcelas que no fueron inoculadas. Aquí también la tecnología tradicional del productor presenta una tendencia de mayor potencial en el rendimiento, pero al igual posee una tendencia de obtener rendimientos muy bajos.

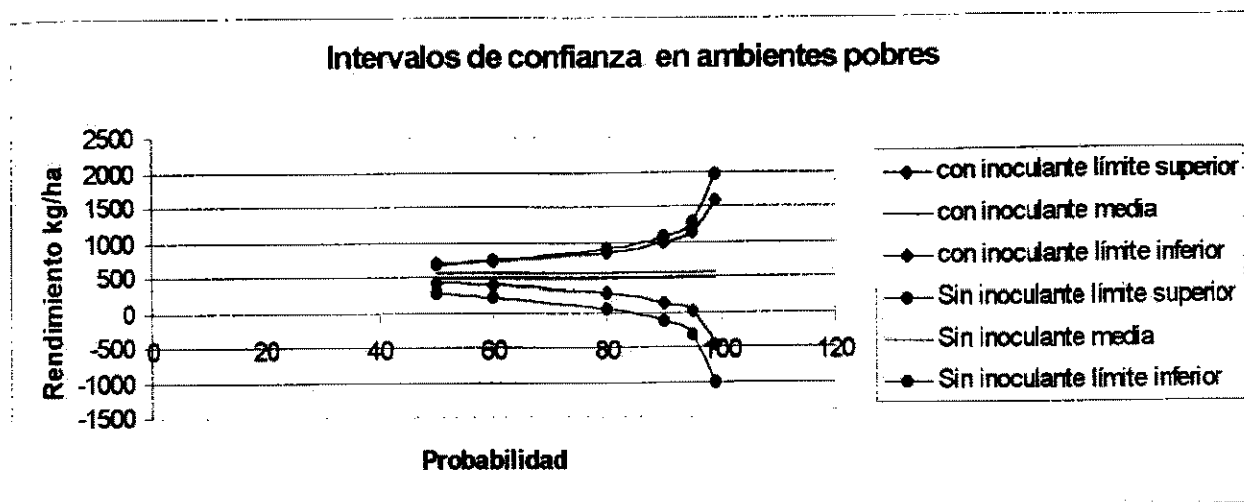


Figura 9. Intervalos de confianza en las parcelas que presentan ambientes pobres en las parcelas de evaluación en el municipio de Estelí época de primera de 1999.

En la Figura 10 se presentan las dos tendencias, los ambientes pobres y los ambientes buenos, en el cual se puede hacer una comparación con las dos tecnologías con inoculantes y sin inoculantes, mostrándose de esta manera el mayor potencial de las tecnologías.

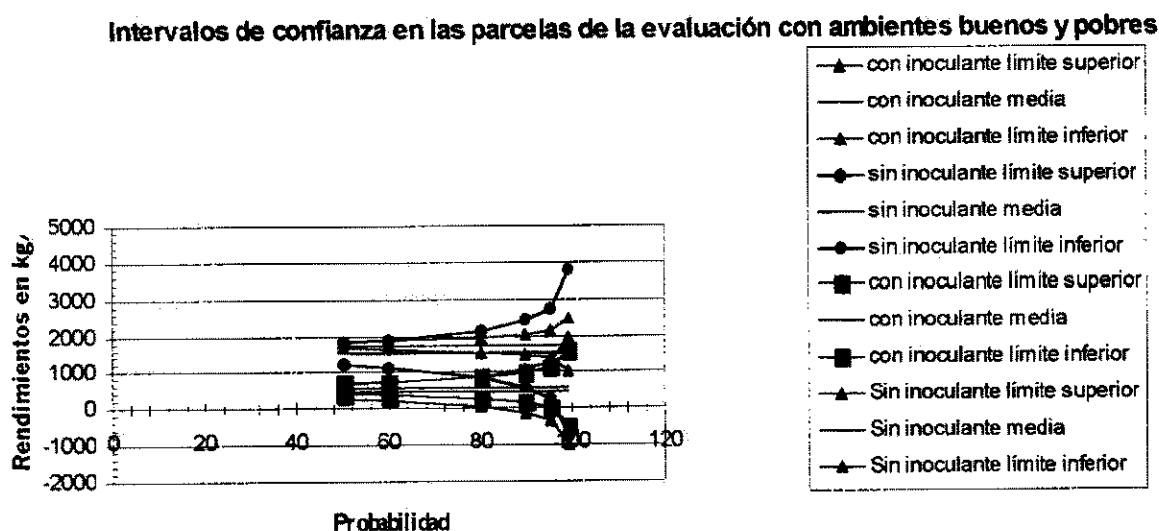


Figura 10. Intervalos de confianza que presentan ambientes buenos y pobres en las parcelas de evaluación en el municipio de Estelí, en la época de primera de 1999

4.4. Evaluación económica del cultivo

Análisis económicos

En el presente análisis económico se consideran a los rendimientos promedios ajustados al 15% de cada uno de los productores. Este ajuste del rendimiento en cada tratamiento es el rendimiento medio reducido con el fin de reflejar la diferencia entre el rendimiento experimental y el que el agricultor podría lograr con el tratamiento (CIMMYT, 1988).

Tabla 7. Análisis económico de las parcelas con inoculante y sin inoculante, en la finca del productor Bismark Olivas, en la época de primera de 1999, municipio de Estelí.

	Con inoculante	Sin inoculante
Rendimiento medio(kg/ha)	620.883	465.662
Rendimiento ajustado 15%(kg/ha)	527.75	395.812
Precio de campo de frijol (C\$/kg)	8.79	8.79
Beneficio Bruto de campo(C\$/ha)	4,641.8	3,479.2
Costos variables	--	--
Costo de inoculante	49	--
Costo de mano de obra inoculación	20	--
Total de costos variables	69	--
Beneficio neto (C\$/ha)	4,572.8	3,479.2
		dominado

En la finca del productor Bismark Olivas se obtuvieron rendimientos ajustados al 15% de kg/ha 527.75 en la parcela donde se aplicó inoculante y de kg/ha 395.812 en la parcela donde no se aplicó inoculante.

Los costos variables para el tratamiento con inoculantes fue de (C\$/ha 69), no presentaron costos variables las parcelas sin inocular.

En lo que concierne a los beneficios netos la parcela inoculada presenta mayores beneficios (C\$/ha 4,572.8) que la parcela sin inocular (C\$/ha 3,479.2), por lo que la utilización

del inoculante domina los beneficios (C\$/ha 1,093.6) en comparación con la que no se utilizó el inoculante.

A pesar de haber obtenido las densidades poblacionales más altas, no presentó las mayores cantidades de vainas, ni el mayor número de granos por vainas, por lo cual no presentó buenos rendimientos, lo que pudo haber sido afectado por las condiciones climáticas que fueron desfavorables durante el establecimiento del cultivo.

Tabla 8. Análisis económico de las parcelas con inoculante y sin inoculante, en la finca del productor Leonardo C. Elizabeth, en la época de primera de 1999, municipio de Estelí.

	Con inoculante	Sin inoculante
Rendimiento medio(kg/ha)	1,034.805	776.104
Rendimiento ajustado 15%(kg/ha)	879.584	659.688
Precio de campo de frijol (C\$/kg)	8.79	8.79
Beneficio bruto de campo(C\$/ha)	7,731.5	5,798.65
Costos variables		
Costo de inoculante	49	--
Costo de mano de obra inoculación	20	--
Total de costos variables	69	--
Beneficio neto(C\$/ha)	7662.5	5798.65
		dominado

En la finca del productor Leonardo C. Elizabeth se obtuvieron rendimientos ajustados al 15% de kg/ha 879.584 en la parcela donde se aplicó inoculante y de kg/ha 659.688 en la parcela donde no se aplicó inoculante.

Los costos variables para el tratamiento con inoculantes fue de (C\$/ha 69), no presentaron costos variables las parcelas sin inocular.

En lo que concierne a los beneficios netos la parcela inoculada presenta mayores beneficios (C\$/ha 7,662.5) que la parcela sin inocular (C\$/ha 5,798.65), por lo que la

utilización del inoculante domina los beneficios (C\$/ha 1,863.85) en comparación con la que no se utilizó el inoculante.

A pesar de haber presentado una buena densidad poblacional para obtener rendimientos aceptables, no fue así ya que se vio afectado por las condiciones climáticas que se presentaron, que incidieron negativamente en el rendimiento.

Tabla 9. Análisis económico de las parcelas con inoculante y sin inoculante, en la finca del productor Luis Francisco Huete, en la época de primera de 1999, municipio de Estelí.

	Con inoculante	Sin inoculante
Rendimiento medio(kg/ha)	320.789	258.701
Rendimiento ajustado 15%(kg/ha)	272.67	219.89
Precio de campo de frijol (C\$/kg)	8.79	8.79
Beneficio bruto de campo(C\$/ha)	2,396.76	1,932.83
Costos variables	--	--
Costo de inoculante	49	--
Costo de mano de obra inoculación	20	--
Total de costos variables	69	--
Beneficio neto(C\$/ha)	2,327.76	1,932.83
		dominado

En la finca del productor Luis Francisco Huete se obtuvieron rendimientos ajustados al 15% de kg/ha 272.67 en la parcela donde se aplicó inoculante y de kg/ha 219.89 en la parcela donde no se aplicó inoculante.

Los costos variables para el tratamiento con inoculantes fué de (C\$/ha 69), no presentaron costos variables las parcelas sin inocular.

En lo que concierne a los beneficios netos la parcela inoculada presenta mayores beneficios (C\$/ha 2,327.76) que la parcela sin inocular (C\$/ha 1,932.83), por lo que la utilización del inoculante domina los beneficios (C\$/ha 394.93) en comparación con la que no se utilizó el inoculante.

Este productor presentó las densidades poblacionales más bajas, las que posiblemente fueron afectadas por las condiciones climáticas que se presentaron, por la calidad de la semilla y por el manejo que se le dio al cultivo, lo que vino afectar el rendimiento.

Tabla 10. Análisis económico de las parcelas con inoculante y sin inoculante, en la finca del productor Cristóbal Obregón. En la época de primera de 1999, municipio de Estelí.

	Con inoculante	Sin inoculante
Rendimiento medio(kg/ha)	258.701	382.878
Rendimiento ajustado 15%(kg/ha)	219.89	325.44
Precio de campo de frijol (C\$/kg)	8.79	8.79
Beneficio bruto de campo(C\$/ha)	1,932.83	2,860.61
Costos variables		
Costo de inoculante	49	--
Costo de mano de obra inoculación	20	--
Total de costos que varían	69	--
Beneficio neto(C\$/ha)	1,863.83	2,860.61
Tasa de retorno marginal		1,444.6%

En la finca del productor Cristóbal Obregón se obtuvieron rendimientos ajustados al 15% de kg/ha 219.89 en la parcela donde se aplicó inoculante y de kg/ha 325.44 en la parcela donde no se aplicó inoculante.

Los costos variables para el tratamiento con inoculantes fué de (C\$/ha 69), no presentaron costos variables las parcelas sin inocular.

En lo que concierne a los beneficios netos la parcela inoculada presenta menores beneficios (C\$/ha 1,863.83) que la parcela sin inocular (C\$/ha 2,860.61), por lo que la utilización del inoculante es dominada por la forma tradicional de producir que posee don Cristóbal Obregón.

El precio base del frijol es de C\$ 8.79 por kg. Los costos variables del tratamiento con inoculante son ligeramente superiores a los sin inocular, obteniéndose una diferencia en beneficio neto de C\$/ha 996 78 favorable al tratamiento sin inoculación y una tasa de retorno marginal de 1,444.6%, o sea que por cada C\$ 1 que no inviertes en inoculante obtienes C\$ 14.446 más de ganancia.

Al obtener mejor rendimiento en la parcela sin inoculante se debió a la densidad poblacional que en las parcelas inoculadas fue menor que en la testigo, sin embargo ambas se vieron afectadas por las condiciones climáticas adversas que se presentaron en la zona, por el manejo, y calidad de semilla utilizada.

Tabla 11. Análisis económico de las parcelas con inoculante y sin inoculante, en la finca del productor Orlando Pérez, en la época de primera de 1999, municipio de Estelí.

	Con inoculante	Sin inoculante
Rendimiento medio(kg/ha)	1,552.208	840.779
Rendimiento ajustado 15%(kg/ha)	1,319.37	714.66
Precio de campo de frijol (C\$/kg)	8.79	8.79
Beneficio bruto de campo(C\$/ha)	11,597.26	6,281.86
Costos variables		
Costo de inoculante	49	--
Costo de mano de obra inoculación	20	--
Total de costos que varían	69	--
Beneficio neto(C\$/ha)	11,528.26	6,281.86
		dominado

En la finca del productor Orlando Pérez se obtuvieron rendimientos ajustados al 15% de kg/ha 1319.37 en la parcela donde se aplicó inoculante y de kg/ha 714.66 en la parcela donde no se aplicó inoculante.

Los costos variables para el tratamiento con inoculantes fué de (C\$/ha 69), no presentaron costos variables las parcelas sin inocular.

En lo que concierne a los beneficios netos la parcela inoculada presenta mayores beneficios (C\$/ha 11,128.26) que la parcela sin inocular (C\$/ha 5,881.86), por lo que la utilización del inoculante domina los beneficios (C\$/ha 5,246.4) en comparación con la que no se utilizó el inoculante.

La diferencia en el beneficio neto se puede observar ya que fue mayor en la parcela inoculada, la que tuvo una mayor incidencia por la densidad poblacional que fue mayor que en la parcela sin inocular, pero también se vieron afectadas por las condiciones climáticas adversas que se dieron durante el establecimiento del cultivo.

Tabla 12. Análisis económico de las parcelas con inoculante y sin inoculante, en la finca del productor Salvador Cruz, en la época de primera de 1999, municipio de Estelí.

	Con inoculante	Sin inoculante
Rendimiento medio(kg/ha)	2,069.611	2,587.014
Rendimiento ajustado 15%(kg/ha)	1,759.16	2,198.96
Precio de campo de frijol (C\$/kg)	8.79	8.79
Beneficio bruto de campo (C\$/ha)	15,473	19,328.85
Costos variables	--	--
Costo de inoculante	49	--
Costo de mano de obra inoculación	20	--
Total de costos que varían	69	--
Beneficio neto(C\$/ha)	15368	19328.85
Tasa de retorno marginal		5702.68 %

En la finca del productor Salvador Cruz se obtuvieron rendimientos ajustados al 15% de kg/ha 1.759.16 en la parcela donde se aplicó inoculante y de kg/ha 2,198.96 en la parcela donde no se aplicó inoculante.

El precio base del frijol es de C\$ 8.79 por kg. Los costos variables del tratamiento con inoculante(C\$/ha 69) es mayor ya que la parcela inoculada no presentó costos variables, obteniéndose una diferencia en beneficio neto de (C\$/ha 3,934.85) favorable al tratamiento sin

inoculación y una tasa de retorno marginal de 5,702.68%, o sea que por cada C\$ 1 que no inviertes en inculante obtienes C\$ 57.02 más de ganancia.

En las parcelas sin inoculantes se presentaron las mayores densidades poblacionales y el mayor número de vainas por planta además, se obtuvo el mayor número de grano por vaina en ambas parcelas lo que permitió obtener los mejores rendimientos, los que se pudieron dar gracias a la calidad de la semilla y el manejo que se le dio.

Tabla 13. Análisis económico de las parcelas con inoculante y sin inoculante, en la finca del productor Rubén Blandón, en la época de primera de 1999, municipio de Estelí.

	Con inoculante	Sin inoculante
Rendimiento medio(kg/ha)	1,810.909	1,552.208
Rendimiento ajustado 15%(kg/ha)	1,539.27	1,379.37
Precio de campo de frijol (C\$/kg)	8.79	8.79
Beneficio bruto de campo(C\$/ha)	13,530.18	12,124.66
Costos variables	--	--
Costo de inoculante	49	--
Costo de mano de obra inoculación	20	--
Total de costos que varían	69	--
Beneficio neto(C\$/ha)	13,461.18	12,124.66
		dominada

En la finca del productor Rubén Blandón se obtuvieron rendimientos ajustados al 15% de kg/ha 1539.27 en la parcela donde se aplicó inoculante y de kg/ha 1379.37 en la parcela donde no se aplicó inculante.

Los costos variables para el tratamiento con inoculantes fué de (C\$/ha 69), no presentaron costos variables las parcelas sin inocular.

En lo que concierne a los beneficios netos la parcela inoculada presenta mayores beneficios (C\$/ha 13,461.18) que la parcela sin inocular (C\$/ha 12,124.66), por lo que la

utilización del inoculante domina los beneficios (C\$/ha 1,336.52) en comparación con la que no se utilizó el inoculante

Aunque los beneficios se ven dominados por la parcela inoculada no presenta una gran diferencia con respecto a la parcela sin inocular, por lo que se puede apreciar que en cuanto a la densidad poblacional no hay gran diferencia, al igual en número de vaina por planta y número de grano por vaina, ya que presentan cantidades aceptables para obtener buenos rendimientos.

Tabla 14. Análisis económico de las parcelas con inoculante y sin inoculante, en la finca del productor Rigoberto Molina, en la época de primera de 1999, municipio de Estelí.

	Con inoculante	Sin inoculante
Rendimiento medio(kg/ha)	1,552.208	1,034.805
Rendimiento ajustado 15%(kg/ha)	1,319.37	879.58
Precio de campo de frijol (C\$/kg)	8.79	8.79
Beneficio bruto de campo(C\$/ha)	11,597.26	7,731.50
Costos variables		
Costo de inoculante	49	--
Costo de mano de obra inoculación	20	--
Total de costos que varían	69	--
Beneficio neto(C\$/ha)	11,528.26	7,731.50
		dominada

En la finca del productor Rigoberto Molina se obtuvieron rendimientos ajustados al 15% de kg/ha 1,319.37 en la parcela donde se aplicó inoculante y de kg/ha 879.58 en la parcela donde no se aplicó inoculante.

Los costos variables para el tratamiento con inoculantes fué de (C\$/ha 69), no presentaron costos variables las parcelas sin inocular.

Lo que concierne a los beneficios netos la parcela inoculada presenta mayores beneficios (C\$/ha 11,528.26) que la parcela sin inocular (C\$/ha 7,731.50), por lo que la utilización del inoculante domina los beneficios (C\$/ha 3,796.76) en comparación con la que no se utilizó el inoculante.

4.5. Percepción de los productores

Para conocer la percepción del productor respecto al inoculante utilizado para la evaluación, se realizó una encuesta a los ocho productores que participaron en la evaluación de una mezcla de cepas de *Rhizobium*.

Por lo que a la pregunta ¿Cómo fue el crecimiento del cultivo con la semilla inoculada comparándose con la sin inocular?, La respuesta de los productores en un 62.5% (5) contestó que fue mejor, un 25% (2) respondió que fue igual, y un 12.5% (1) respondieron que fue peor. Se pudo observar que el 62.5(5)% de los productores encontraron una diferencia importante al hacer uso del inoculante.

A la pregunta ¿Considera que la producción fue mejor que cuando no utilizaba inoculante? El 87.5%(7) contestó que fue mejor cuando se aplicó el inoculante, y un 12.5%(1) contestó que fue mejor donde no se inoculó.

A la pregunta ¿Si la producción obtenida fue baja, diga a qué se debió? El 37.5%(3) de los productores respondieron que fue debido a la poca lluvia, un 12.5% (1) respondió que se debió a la poca lluvia, plagas y malezas, un 25% (2) respondió que se debió a mucha lluvia y un 25%(2) no respondieron.

A la pregunta ¿Cómo considera el producto o inoculante? Los productores respondieron en un 62.5% (5) que el producto era bueno un 25%(2) que era regular y un 12.5%(1) que era muy bueno.

A la pregunta ¿Aplicaría usted el inoculante para la siembra en el futuro? En un 100%(8) respondieron que si lo volverían aplicar.

V. CONCLUSIONES

1. Al realizar el análisis estadístico de las variables evaluadas, se determinó que estas presentaron resultados similares entre las dos parcelas tanto inoculada como sin inocular, por lo que no se encontraron diferencias estadísticas significativas.
2. El índice ambiental obtenido en el análisis estadístico de los rendimientos fue de 1069.891kg/ha, siendo superior al promedio local que es de 594.5 kg/ha y al promedio nacional que es de 580 kg/ha, lo que hace determinar que las condiciones agroclimáticas en la época de primera son buenas.
3. Se determinó que en el municipio de Estelí se presentaron divididos los ambientes, ya que cuatro productores presentaron rendimientos superiores al índice ambiental (1069.891kg/ha), y cuatro productores que presentaron rendimientos por debajo del índice ambiental, presentandose los ambientes buenos en las fincas de los productores Orlando Pérez(5), Salvador Cruz(6), Rubén Blandón(7), y Rigoberto Molina(8).
4. Mediante el análisis económico del presupuesto parcial se logró determinar que en seis fincas la tecnología tradicional resultó dominada, en las otras dos fincas restantes la tecnología tradicional empleada por el productor presentó mayores beneficios netos que la nueva tecnología.
5. La percepción del productor en cuanto al uso del inoculate es buena, estos productores se encuentra en un 100% dispuestos a utilizarla de nuevo.

VI. RECOMENDACIONES

1. Realizar análisis previo de suelos que permitan identificar y determinar la concentración de cepas nativas de *Rhizobium*, que pudiesen competir con las cepas a evaluar.
2. Hacer análisis del contenido de micronutrientes en los suelos que puedan limitar o favorecer la infección de las plantas por parte de los *Rhizobium*.
3. Realizar experimentos que permitan determinar la interacción de los *Rhizobium* con variedades específicas de frijol rojo.
4. Realizar experimentos orientados a determinar la dosis más adecuada a aplicar del producto (inoculante) para lograr una correcta nodulación.
5. En futuros experimentos realizar dos muestreos de nódulos para determinar la eficiencia de la infección de las raíces por parte de los *Rhizobium*.

VII. BIBLIOGRAFIA

- Alemán, F. & Tercero, I. 1991. Inventario de información generada en agronomía, relaciones Clima- Planta –Hombre en granos básicos. Programa Regional de Reforzamiento a la Investigación Agronómica, UNA, Managua, Nicaragua. 72 p.
- Amarger, N & Lagacherie, B. 1985. Características y ecología del *Rhizobium*. Revista manual técnico de la fijación simbiótica de nitrógeno Leguminosa/ *Rhizobium*. Publicación FAO, ROMA.
- Arce, J., Llano, A., Oyer, L y Sandoval, A. 1984. Nodulación de 8 variedades de frijol en un suelo fijador de fósforo en Nicaragua. Dirección de Granos Básicos, Dirección general de Agricultura, MIDINRA. Managua, Nicaragua. 6 p.
- Avilés, E. & Centeno, J. 1999. Evaluación de una mezcla de cepas de *Rhizobium* bajo diferentes niveles de fertilización en tres variedades de frijol rojo (*Phaseolus vulgaris* L.) en Nicaragua. Trabajo de Tesis. UNA-FAGRO. Departamento de horticultura. Managua, Nicaragua. 35p.
- Bazan, R. 1974. Fertilización con nitrógeno y manejo de leguminosas de grano en América Central. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 26 p.
- Binder, U. 1997. Manual de leguminosas de Nicaragua. Tomo I. PASOLAC, E.A.G.E., Estelí, Nicaragua. 191 p.
- Blanco, M. 1991. Efecto del control de malezas, manual, químico y cultural en frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) en Nicaragua. II seminario del Programa Ciencia de las Plantas UNA-SLU, Plant Science Program. Managua, Nicaragua. Pag 45-62.
- Blanco, M., J. Bonilla, O. Palma. 1993. Influencia de diferentes métodos de control de malezas y espaciamientos entre surcos sobre el rendimiento de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. Rev. 79a y Rev. 81. Managua, Nicaragua.
- Bonilla, I. & Bolaños, L. 1996. Avances en la investigación sobre la fijación biológica de nitrógeno. Actas de la VII reunión Nacional de fijación biológica de nitrógeno. Editado por Andrés Chordí Corvo, Eustaquio Martínez Molina, Pedro F. Mateo González y Ma. Encarnación Velázquez. Departamento de microbiología y genética universidad de Salamanca, España. Pag 49-53. 370 p.

- Castillo O. & Flores J. 1999. Validación de tecnológica de una mezcla de cepas de *Rhizobium leguminosarum* bv *phaseoli* en frijol común (*Phaseolus Vulgaris* L.), en el municipio de Boaco durante la época de apante 1998-1999. Trabajo de Tesis. UNA-FAGRO. Managua, Nicaragua. 44p.
- CIMMYT. 1988. La formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos, un manual metodológico de evaluación económica. Edición complementaria revisada, México D. F, México. 79p.
- Clemens, H., D. Greene, M. Spoor, 1994. Mercados de granos básicos en Nicaragua. Hacia una visión sobre producción y comercialización. ESECA-UNAN-CONAGRO-BID-PENUD. Managua, Nicaragua. 312 p.
- Drevon, J. 1995. Varios organismos fijadores de nitrógeno. Revista manual técnico de la fijación simbiótica de nitrógeno Leguminosa/ *Rhizobium*. Publicación FAO, ROMA.
- FAO. 1985a. La fijación del nitrógeno en la explotación de los suelos. Boletín de la FAO No. 49. Roma, Italia. 188 p.
- FAO. 1985b. Manual técnico de fijación Simbiótica del nitrógeno. Leguminosa- *Rhizobium*. Roma, Italia. 152p.
- FAO. 1993. Technic Handbook on Simbiotic Nitrogen Fixation. Roma, Italia. 70p.
- Foundation for Agronomic Research. 1988. Manual de fertilidad de suelos. Publicación potash & phosphato institute of Canadá (PPIC) y el programa de diversificación occidental de Canadá. Primera impresión en español. Atlanta, Georgia, USA. 85p.
- González, A. 1995a. Evaluación sobre crecimiento, desarrollo y rendimiento de 14 accesiones criollas de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) y el testigo comercial revolución 84, en La Compañía, Carazo. Postrera 1993. Trabajo de Diploma. UNA-EPV. Managua, Nicaragua. 60 p.
- González B. 1995b. Evaluación del crecimiento desarrollo y rendimiento de catorce accesiones Nicaragüenses y la variedad revolución 84 de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.). Trabajo de Diploma. UNA-FAGRO-EPV. Managua Nicaragua.
- Grignac, P. Wery, J. 1995. La familia *leguminosae*. Revista manual técnico de la fijación simbiótica de nitrógeno Leguminosa/ *Rhizobium*. Publicación FAO, ROMA.
- INETER. 1999. Departamento de estadísticas de meteorología. Managua, Nicaragua.

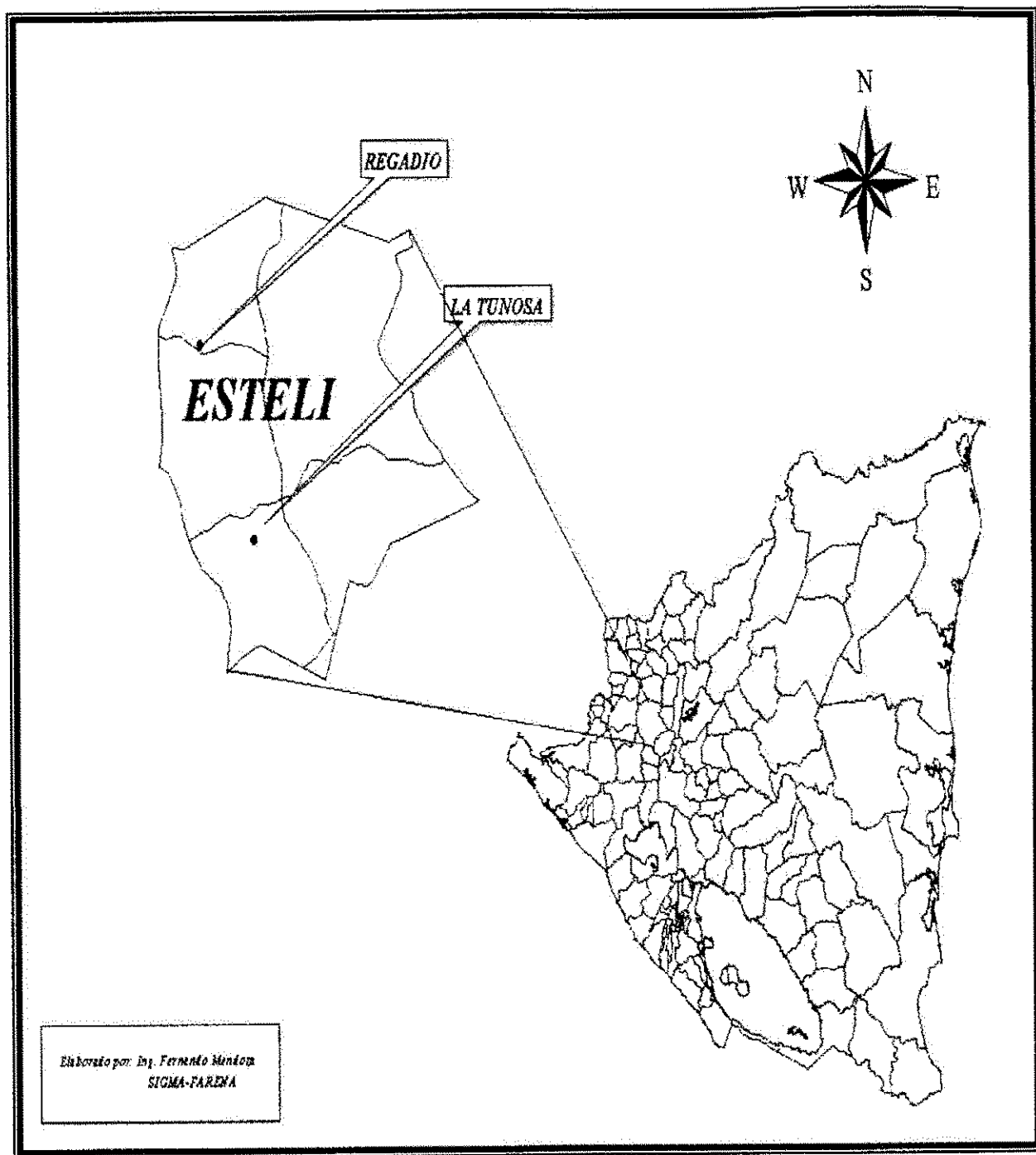
- Juarez V. & Sanchez J. 1999. Evaluación de *Rhizobium tropici* URM 1899 en tres variedades de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L) y la extracción de micronutrientes primarios por el cultivo. Trabajo de Diploma .UNA-EPV. Managua, Nicaragua. 52p.
- LABSA. 1999. Laboratorio de Suelos y Agua. Universidad Nacional Agraria (UNA). Managua, Nicaragua.
- Llano, A. & Obando, J. 1997. Estabilidad de rendimiento de 14 líneas promisorias de frijol en seis ambientes de Nicaragua. Programa de granos Básicos, sub- programa de frijol, informe anual 1996. Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria (INTA), Centro Nacional de Investigación Agropecuaria (CNIA). Managua, Nicaragua. 90 p.
- Llano A. & Vanegas J. 1997. Variedades de frijol y su fonología, densidades y fertilización. Programa de granos básicos. INTA-CNIA. Managua Nicaragua.
- MAG. 1992. Guía tecnológica para la producción de frijol común. Centro Nacional de investigación en granos básicos, dirección de extensión rural-DIGESA. Managua, Nicaragua. 59 p.
- MAG-FOR. 1999. Indicadores agropecuarios. Dirección de estadísticas. Boletín bimensual. Año 2 No. 7 septiembre.
- MAG-FOR. 2000. Indicadores Agropecuarios. Dirección de estadísticas. Delegaciones regionales del MAG-FOR. Managua, Nicaragua. Enero 2000.
- MAG-FOR-DGET. 2000. Dirección de Estudios Territoriales, SIG-MAGFOR. Managua , Nicaragua.
- Marini, D, Vega, I. & Maggioni, L. 1993. Genética agraria. UNA-FAGRO. MOLISV- UNA. Managua, Nicaragua. 363 p.
- Miranda J. C. & Molina A. J. 1992. Evaluación de cinco cepas de *Rhizobium* bv *phaseoli* en el cultivo de frijol var. rev. 384. Trabajo de Diploma, Universidad Nacional Agraria Facultad de Agronomía, Escuela de Sanidad Vegetal. Managua, Nicaragua. 41 p.
- Neyra, M. 1995. Clasificación de los Rhizobios. Revista manual técnico de la fijación simbiótica de nitrógeno Leguminosa/ *Rhizobium*. Publicación FAO, ROMA.
- Obaton, M. 1995 Información general sobre la simbiosis fijadora de nitrógeno *Rhizobium*-Leguminosa. Revista manual técnico de la fijación simbiótica de nitrógeno Leguminosa/ *Rhizobium*. Publicación FAO, ROMA.

- Ortiz, R., O. Acuña, C. Ramírez y A. Cordero 1990. Determinación de las necesidades nutricionales de la soya inoculada con *Rhizobium japonicum* en un humitro pept de Guanacaste, en invernadero. Agronomía Costarricense. Revista semestral de Ciencias Agrícolas. Ministerio de Agricultura y Ganadería, Colegio de Ingenieros Agrónomos, Universidad de Costa Rica. Vol. 14, No 1, pág 115-119, enero – junio 1990. San José, Costa Rica. 133 p.
- Partilla, N. E. & Báez, L. A. 1998. Efecto de la inoculación con *Rhizobium leguminosarum* bv *phaseoli* sobre el rendimiento de cuatro variedades de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) postera 1997. La compañía, Carazo. Tesis Ing. Agr. UNA, Managua, Nicaragua. 42 p.
- PASOLAC. 1999. Guía metodológica para la validación de opciones tecnológicas. Programa de Agricultura Sostenible En laderas de America Central. Documento No. 222. Serie técnica 7/99. Managua, Nicaragua. 32p.
- Pedroza, H. & Salazar, D. 1998. Sistemas de análisis estadísticos con enfoque de investigación en finca. Segunda edición. EPV- FAGRO-UNA. Managua, Nicaragua. 246 p.
- Portillo J. A. 1995. Incremento de la productividad de frijol a nivel de finca mediante inoculación con *Rhizobium Leguminosarum* bv *phaseoli*. Trabajo de Diploma. FAGRO- EPV- Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua. 37 p.
- Ramírez C. 1983. La posible contribución de la fijación biológica del nitrógeno de los cultivos. Boletín suelos de la FAO No. 51. El reciclaje de materiales orgánicos en la agricultura de América Latina. Roma, Italia. 253 p.
- Rodríguez D. N. 1996. Avances en la investigación sobre la fijación biológica de nitrógeno. Actas de la VII reunión Nacional de fijación biológica de nitrógeno. Editado por Andrés Chordí Corvo, Eustaquio Martínez Molina, Pedro F. Mateo González y Ma. Encarnación Velázquez. Departamento de microbiología y genética universidad de Salamanca, España. Pág. 317-321. 370 p.

- Rodríguez, D. N; M. Camacho., C. Santamaría., A. Daza., F. Temprano 1996. Avances en la investigación sobre la fijación biológica de nitrógeno. Actas de la VII reunión Nacional de fijación biológica de nitrógeno. Editado por Andrés Chordi Corvo, Eustaquio Martínez Molina, Pedro F. Mateo González y Ma. Encarnación Velazquez. Departamento de Microbiología y Genética Universidad de Salamanca. España. Pag.357-358. 370 p.
- Sandoval, J. R. & López, L.E. 1997. Estudio de adopción de las variedades de frijol Esteli. Trabajo de Diploma, Facultad de Educación a Distancia y Desarrollo Rural, Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua. 55 p.
- SIGMA-FARENA. 2000. Sistema de Información Geográfica, Facultad de Recursos Naturales y Del Ambiente. UNA. Managua, Nicaragua.
- Somarriba, R. C. 1998. Granos Básicos. Universidad Nacional Agraria(UNA). Managua, Nicaragua. 197 p.
- Tapia H.1987. Variedades mejoradas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) con grano rojo para Nicaragua. ISCA. Dirección de investigación y postgrado. Managua, Nicaragua.26p.
- Tapia & Camacho.1988. Manejo integrado de la producción de frijol basado en labranza cero. GTZ. Managua, Nicaragua. 182p.
- Valdivia, M. & S. Valle. 1997. Producción de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) bajo tres sistemas de labranza y tres métodos de control de malezas y su evaluación económica. Primera 1996. Trabajo de Diploma. FAGRO- ESAVE- Universidad Nacional Agraria, Managua, Nicaragua. 56p.
- Vargas, R. & O. Acuña. 1990. Respuesta de dos variedades de *Phaseolus vulgaris* a la inoculación y fertilización con N y Mo en un inceptisol de Upala, Alajuela. Agronomía Costarricense. Revista semestral de Ciencias Agrícolas. Ministerio de Agricultura y Ganadería, Colegio de Ingenieros Agrónomos, Universidad de Costa Rica. Vol. 14, No 1, pág 93-98, enero – junio 1990. San José, Costa Rica. 133 p.
- Wery, J & P. Grignac. 1995. Características biológicas y agrícolas de las leguminosas. Revista manual técnico de la fijación simbiótica del nitrógeno Leguminosa/ *Rhizobium*. Publicación FAO, ROMA.

VIII. ANEXOS

Anexo 1 Mapa de la zona donde se ubicaron las parcelas de evaluación en el municipio de Estelí, en la época de primera de 1999.



SIGMA-FARENA. 2000.

Anexo 2 Mapa micro- localización de las zonas donde se establecieron las parcelas de evaluación, en el municipio de Estelí, en la época de primera de 1999.



Anexo 3 Precipitaciones durante la época de primera de 1999, en el municipio de Estelí.

	Mayo	Junio	Julio	Agosto
Precipitación(mm)	76.7	120.65	78.8	74.4

(Ineter, 1999)

Anexo 4 Números de nódulos por plantas en cada una de las fincas con cada uno tratamiento.

No.	Nombre de productor	Número de Nódulos por plantas	
		Con inoculante	Sin inoculante
1	Bismark Olivas	223	265
2	Leonardo Elizabeth	143	190
3	Luis Francisco Huete	46	12
4	Cristóbal Obregón	129	92
5	Orlando Pérez	34	102
6	Salvador cruz	10	22

Anexo 5 Peso de nódulos en cada una de las fincas con cada uno de los tratamientos.

No.	Nombre del Productor	Peso de nódulos (mg)	
		Con inoculante	Sin inoculante
1	Bismark olivas	100.8	131.2
2	Loenardo Elizabeth	79.4	85.8
3	Luis francisco Huete	21.4	1.6
4	Cristóbal Obregón	76.1	45.4
5	Orlando Pérez	13.2	49.9
6	Salvador Cruz	1.2	2

Anexo 6 Densidad poblacional en cada una de las fincas por cada uno de los tratamientos.

No.	Nombre del Productor	Densidad poblacional	
		Con inoculante	Sin inoculante
1	Bismark olivas	250000	285000
2	Loenardo Elizabeth	220000	235000
3	Luis francisco Huete	225000	135000
4	Cristóbal Obregón	195000	225000
5	Orlando Pérez	225000	170000
6	Salvador Cruz	235000	275000
7	Rubén Blandón	235000	220000

Anexo 7 Número de vainas por plantas en cada una de las fincas con cada uno de los tratamientos.

No.	Nombre del Productor	Número de vainas por plantas	
		Con inoculante	Sin inoculante
1	Bismark olivas	10.8	9
2	Loenardo Elizabeth	18.6	14
3	Luis francisco Huete	12.83	17
4	Cristóbal Obregón	10.4	15.8
5	Orlando Pérez	8.2	18.2
6	Salvador Cruz	15.8	18.6
7	Rubén Blandón	19.8	21.2

Anexo 8 Número de granos por vainas en cada una de las fincas con cada uno de los tratamientos.

No.	Nombre del Productor	Número de granos por vainas	
		Con inoculante	Sin inoculante
1	Bismark olivas	6	5.5
2	Loenardo Elizabeth	6.5	6.5
3	Luis francisco Huete	6.5	6.5
4	Cristóbal Obregón	5.5	6.5
5	Orlando Pérez	6	6
6	Salvador Cruz	7.5	7
7	Rubén Blandón	6.5	6

Anexo 9 Rendimiento promedios de las diferentes variedades en kg/ha en las parcelas establecidas en cada una de las fincas.

No.	Nombre del productor	Rendimiento kg/ha		
		Variedades	Con inoculante	Sin inoculante
1	Bismark Olivas	Esteli 90	620.883	465.662
2	Leonardo Elizabeth	Chile rojo	1034.805	776.104
3	Luis francisco Huete	Esteli 90	320.789	258.701
4	Cristóbal Obregón	Chile rojo	258.701	382.878
5	Orlando Pérez	Esteli 90	1552.208	840.779
6	Salvador Cruz	DOR 364	2069.611	2587.014
7	Rubén Blandón	DOR 364	1810.909	1552.208
8	Rigoberto Molina	DOR 364	1552.208	1034.805

Anexo 10 Rendimiento medio del cultivo de frijol rojo. en fincas que presentan ambientes buenos

No.	Nombre del productor	Rendimiento kg/ha		
		Con inoculante	Sin inoculante	Promedio
6	Salvador Cruz	2069.611	2587.014	2328.3125
5	Orlando Pérez	1552.208	840.779	1196.4935
7	Rubén Blandón	1810.909	1552.208	1681.5585
8	Rigoberto Molina	1552.208	1034.805	1293.5065

Anexo 11 Rendimiento medio del cultivo de frijol rojo. que presenta ambientes pobres

No.	Nombre del productor	Rendimiento kg/ha		
		Con inoculante	Sin inoculante	Promedio
3	Luis francisco Huete	320.789	258.701	289.745
2	Leonardo Elizabeth	1034.805	776.104	905.4545
4	Cristóbal Obregón	258.701	382.878	320.7895
1	Bismark Olivas	620.883	465.662	543.2725

Anexos 11 Encuesta realizada a los productores de la zona de Estelí para conocer su percepción a cerca de la nueva tecnología utilizada (uso de inoculantes) durante la época de primera de 1999.

- 1.-¿ Qué área sembró de frijol rojo?
- 2.-¿Cómo preparó el suelo para la siembra de frijol?
Tractor____ bueyes____ Espeque____ Frijol tapado____
- 3.- ¿Qué variedad sembró?
Criolla____ Mejorada____ No sabe____
- 4.- ¿Qué cantidad de semilla utilizó para la siembra?
- 5.- ¿Cómo controló las malezas en su parcela con frijol?
Herbicida____ Manual____ Herbicida + Manual____ Otros____ Ninguno____
- 6.- ¿Cuándo aplicó el herbicida?
Momento de siembra. Antes____ Después____ Antes y después____
- 7.-¿Qué producto usó para el control de malezas, dosis, momento de aplicación y cantidad de bombadas aplicadas?
- 8.- ¿ Tipo de producto usado para el control de plagas?
Químico____ Biológico____ Natural____ Químico y biológico____
- 9.-¿ Producto químico que aplicó en el control de plagas?
- 10.-¿ Qué producto biológico aplicó para el control de plagas?>
- 11.-¿ Qué producto natural aplicó en el control de plagas?
- 12.-¿Tipo de fertilización utilizado en la parcela con frijol?
Química____ Orgánica____
- 13 y 14.- ¿ Tipo de fertilizante químico y orgánico?
Completo____ Urea____ Completo + urea____ Orgánico____
- 15.- ¿Recibió el inoculante a tiempo?
Si____ No____
- 16.-¿ Qué institución le entregó el inoculante?
- 17.-¿ Qué cantidad de inoculante recibió?
1 bolsa____ 2 bolsas____ 3 bolsas____ más de 4 bolsas____
- 18.-¿ Dosis que le recomendaron por quintal de frijol?
0.5 bolsas____ 1 bolsa____ 2 bolsas____

19.-¿ Utilizó el producto par inocular la semilla?

Si _____ No _____

20.-¿ Toda la semilla de frijol la inoculó?

Si _____ No _____

21.-¿ Area sembrada de frijol con inoculante y sin inocuiante?

¼ mz _____ ½ mz _____ ¾ mz _____ 1 mz _____ 1 ½ mz _____ 2 mz _____ 2 ½ _____ 3mz _____

22.-¿ Recibió capacitación para inocular la semilla?

Si _____ No _____

23.-¿ De quién recibió la capacitación para la inoculación?

24.-¿Cómo considera la capacitación recibida?

Buena _____ Regular _____ Mala _____

25.-¿ Quién hizo el procedimiento de inoculación de la semilla?

El mismo _____ El vecino _____ El técnico _____

26.-¿ Qué tipo de recipiente utilizó para preparar la mezcla con el inoculante?

Balde plástico _____ Balde metálico _____ Otros (plástico, pana, saco) _____

27.-¿ Qué cantidad de agua agrego para hacer la mezclas con el inoculante?

0.5 Litro _____ 1 Litro _____ 1.5 litros _____ 2 Litros _____

28.-¿ De dónde tomó el agua que agregó al inoculante?

De grifo(potable) _____ De pozo _____ De río _____ De noria _____

29.-¿ Cómo cree que preparó la mezcla de agua con el inoculante?

Bien _____ Regular _____ Mal _____

30.-¿ A la mezcla preparada le agregó?

Cantidad agregada	Aceite	Leche	Nada
0 cucharadas			
1 a 2 cucharadas			
3 a 4 cucharadas			
> 5 cucharadas			

31.-¿ Qué cantidad de semilla inoculó con la dosis recomendada?

< de 1.0 qq _____ 1.0 qq _____ 1.5 qq _____ 2.0 _____ > de 2.0 qq _____

32.-¿ Como estaba la semilla, cuando la sembró con el producto?

Húmeda _____ Seca _____

33.-¿ Cuánto tiempo pasó desde que aplicó la mezcla a la semilla hasta el momento de la siembra?

Inmediato _____ 10 a 30 min. _____ 31 a 60 min. _____ > de 60 min.

34.-¿ Cómo fue el crecimiento del cultivo con la semilla inoculada comparandose con la sin inocular?

Mejor _____ Igual _____ Peor _____

35.-¿ Pudo observar pelotitas (nódulos) pegadas a las raíces de la planta de frijol?

Sí _____ No _____

36.-¿ Si contesta positivamente a la pregunta anterior, cómo considera la presencia de pelotitas(nódulos)?

Abundante _____ Pobre _____ Escasa _____ Muy escasa _____

37.-¿Qué rendimiento de frijol obtuvieron o esperaban en la parcela inoculada?

2 a 6qq/mz _____ 6.1 a 10qq/mz _____ 10.1 a 14qq/mz _____ 14.1 a 18qq/mz _____
18.1 a 22qq/mz _____ >de 22.1qq/mz _____

38.-¿Qué rendimiento de frijol obtuvieron o esperaban en la parcela sin inocular?

2 a 6qq /mz _____ 6.1 a 10qq/mz _____ 10.1 a 14qq/mz _____ 14.1 a 18qq/mz _____
18.1 a 22qq/mz _____ >de 22.1qq/mz _____

39.-¿ En qué parcela considera que la producción de frijol fue mejor?

Inoculada _____ Sin inocular _____

40.-¿Si la producción obtenida fue baja, diga a qué se debió?

Poca lluvia _____ Poca lluvia + siembra temprana _____ Poca lluvia + siembra tardía +

Plagas _____ Pocas lluvias + plagas + malezas _____ Mala semilla _____

viento _____ Poca y mucha lluvia _____ Mucha lluvia + siembra tardía _____

Mucha lluvia _____ Plagas _____

41.-¿ Cómo considera el polvito negro (inoculante)?

Malo _____ Regular _____ bueno _____ Muy bueno _____

42.-¿ Aplicaría usted el inoculante a la semilla en siembras futuras de frijol rojo?

Sí _____ No _____